

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Приладобудівний факультет  
Кафедра виробництва приладів**

«На правах рукопису»  
УДК 621.914\_\_\_\_\_

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ ВВ.Шевченко  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра  
зі спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані  
технології**

**на тему:** «Автоматизована система контролю якості складання приладів»  
Виконав (-ла):  
студент (-ка) VI курсу, групи ПБ-71мп  
Скібчик Василь Васильович \_\_\_\_\_

Керівник:  
Кандидат технічних наук,  
Подольян О. О. \_\_\_\_\_

Консультант з Стартап-проект:  
Доцент, к.е.н., доцент,  
Бояринова К.О. \_\_\_\_\_

Рецензент:  
\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.  
Студент (-ка) \_\_\_\_\_

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Приладобудівний факультет**

**Кафедра виробництва приладів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною  
програмою

Спеціальність (спеціалізація) – 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» («Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.В. Шевченко

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Скібчику Василю Васильовичу**

1. Тема дисертації «Автоматизована система контролю якості складання приладів», науковий керівник дисертації Подольан О. О., к.т.н., затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018 р. №4078-с
2. Термін подання студентом дисертації 10 грудня 2018 р
3. Об'єкт дослідження: процес складання приладів
4. Предмет дослідження: показники якості складання
5. Перелік завдань, які потрібно розробити Провести аналіз процесу складання для виявлення невідповідностей, що призводять до збільшення дефектів приладів. Розробити математичну модель з точки зору ступення впливу дефектів на якість приладу. Виконати експериментальні дослідження і дослідити відповідність математичної моделі реальному об'єкту. Розробити алгоритм визначення рівня дефектності технологічного процесу складання виробів та розробити ПЗ, що його реалізує. Провести дослідну апробацію розробленого ПЗ. Розробка стартап проекту за відповідною темою дисертаційної роботи
6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу Стан питання технологічного контролю складання приладів. Мета роботи, об'єкт та предмет дослідження. Наукова новизна та практична корисність. Методи статистичного контролю якості. Основні схеми роботи виробничих систем в приладобудуванні. Алгоритм організації автоматизованої системи контролю якості приладу. Математичні моделі роботи статистичних методів. Методика практичного застосування системи для моделювання роботи виробничих систем в приладобудуванні. Стартап-проект реалізації автоматизованої системи контролю якості складання приладів.
7. Орієнтовний перелік публікацій

## 8. Консультанти розділів дисертації\*

| Розділ         | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|----------------|---|----------------|------------------|
|                |   | завдання видав | завдання прийняв |
| Стартап-проект | Бояринова К.О., к.е.н., доцент            |                |                  |
|                |   |                |                  |

9. Дата видачі завдання 3.09.2018 р.

## Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання магістерської дисертації  | Термін виконання етапів магістерської дисертації | Примітка |
|-------|--|--|----------|
| 1     | Виконати аналіз стану питання математичного моделювання та оптимізації роботи виробничих систем та поставити задачі дисертаційних досліджень | 17.09.2018 р.                                    |          |
| 2     | Побудова математичних моделей виробничих систем в відповідності до схеми структурно-логічного методу.  | 08.10.2018 р                                     |          |
| 3     | Розробити систему оптимізації завантаження обладнання виробничої системи структурно-логічним методом   | 15.10.2018 р.                                    |          |
| 4     | Розробка системи математичного моделювання та оптимізації виробничих систем  | 12.11.2018 р                                     |          |
| 5     | Практичне застосування використання розробленої системи  | 22.11.2018 р.                                    |          |
| 6     | Розробка стартап-проекту реалізації системи моделювання виробничих процесів структурно-логічним методом                                      | 03.12.2018 р.                                    |          |

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

В. В. Скібчик

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_

(підпис)

О. О. Подолян

\_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота складається з п'яти розділів розділів та п'яти додатків, розташована на 160 сторінках, містить ілюстрації 20 та 15 таблиць.

Основним завданням роботи є підвищення ефективності технологічного процесу складання за допомогою методів управління якістю за рахунок передбачення кінцевого результату.

В роботі представлено комплексний підхід, заснований на теоретичному аналізі й експерименті. Дослідження проводилися на основі методів загального управління якістю; кваліметрії; метрології; математичної статистики; інструментів управління якістю і математичного моделювання.

Результати дослідження дають можливість на основі статистичних методів контролю якості, дозволяє з високою точністю запобігти виникненню дефектів при проектуванні технологічного процесу складання приладів, тим самим це підвищить надійність та не з економить час який буде витрачено на пошук дефектів.

Результати роботи можуть використовуватися інженерами, що займаються технологією складання приладів, та студентами в навчальному процесі.

Ключові слова: якість, статистичні методи контролю якості, дефект.

## ABSTRACT

Master's work consists of five section sections and five applications, located on 160 pages, contains illustrations 20 and 15 tables.

The main task of the work is to increase the efficiency of the technological process of compilation with the help of quality management methods through the prediction of the final result.

The paper presents a comprehensive approach based on theoretical analysis and experiment. The research was conducted on the basis of general quality management methods; qualimetry; metrology; mathematical statistics; tools for quality management and mathematical modeling.

The results of the study give an opportunity on the basis of statistical methods of quality control, allows with high accuracy to prevent the occurrence of defects in the design of the technological process of assembly of devices, thereby increasing the reliability and not saving time that will be spent on the search for defects.

The results of the work can be used by engineers involved in the technology of assembly of devices, and students in the educational process.

**Key words:** quality, statistical methods of quality control, defect.

## ЗМІСТ

|   | стор. |
|---|-------|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА<br>ТЕРМІНІВ.....  | 11    |
| ВСТУП.....  | 12    |
| РОЗДІЛ 1. АСПЕКТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ.....                    | 15    |
| 1.1 Система контролю якості продукції.....                          | 15    |
| 1.2 Стадії життєвого циклу продукції.....                           | 15    |
| 1.3 Об'єкти технічного контролю.....                                | 18    |
| 1.4 Суб'єкти контролю якості.....                                   | 20    |
| 1.5 Види технічного контролю.....                                   | 22    |
| 1.6 Елементи системи контролю якості.....                           | 25    |
| 1.7 Виробничий брак.....  | 28    |
| 1.8 Методи технічного контролю якості.....                          | 29    |
| 1.9 Організація контролю якості продукції на підприємстві.....      | 46    |
| Висновки по розділу.....  | 69    |
| РОЗДІЛ 2. СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕГУЛЮВАННЯ<br>ЯКОСТІ..... | 70    |
| 2.1 Аналіз статистичних методів контролю якості.....                | 70    |
| 2.2 Сім японських інструментів контролю якості.....                 | 72    |
| 2.3 Контрольний листок.....   | 73    |
| 2.4 Гістограма.....   | 74    |
| 2.5 Діаграма розкиду (розсіювання).....                             | 75    |
| 2.6 Метод розшаровування.....                                       | 79    |
| 2.7 Діаграма Парето.....  | 81    |
| 2.8 Графіки та контрольні карти .....                               | 90    |
| Висновки по розділу.....  | 95    |
| РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ.....                    | 96    |
| 3.1 Статистичне моделювання систем.....                             | 96    |
| 3.2 Метод статистичних випробувань.....                             | 97    |

|   |     |
|---|-----|
| 3.3 Формування випадкових величин з заданим законами розподілу.....                                   | 99  |
| 3.4 Наближений спосіб формування випадкової величини з довільною функцією розподілу.....              | 104 |
| 3.5 Основні поняття марківських процесів.....   | 106 |
| Висновки по розділу.....  | 114 |
| РОЗДІЛ 4. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АНАЛІЗУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....                                   | 115 |
| 4.1 Застосування та закону Парето для аналізу проблем в процесі виробництва і контролю продукції..... | 115 |
| 4.2 Принцип дії, функціональні можливості і обмеження електронної таблиці .....                       | 117 |
| 4.3 Аналіз існуючих програмних продуктів .....  | 117 |
| 4.4 Постановка завдання.....  | 120 |
| 4.5 Опис розробленої програми.....  | 121 |
| 4.6 Принцип дії програми для побудови діаграми Парето .....   | 122 |
| 4.7 Функціональні можливості програми та її обмеження.....  | 126 |
| 4.8 Технічні та спеціальні вимоги.....  | 126 |
| Висновки по розділу.....  | 128 |
| РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СКЛАДАННЯ ПРИЛАДІВ ».....    | 130 |
| 5.1 Опис ідеї проекту.....  | 130 |
| 5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.....   | 132 |
| 5.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....  | 133 |
| 5.4 Розроблення ринкової стратегії проекту.....   | 144 |
| 5.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....   | 147 |
| 5.6 Висновки до розділу.....  | 152 |
| ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....   | 154 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....   | 156 |
| ДОДАТКИ.....  | 161 |
| Додаток А Приклад реалізації на основі дефектів черв'ячних редукторів                                 |     |

Додаток Б Алгоритми класів програми

Додаток В Текст програми

Додаток Г Список наукових праць

Додаток Д Слайди презентації



## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

TQM (Total Quality Management) – загальне керування якістю

ВТК – відділ технічного контролю

IQ (Index Quality) – показник якості

SQC (Statistical Quality Control) – статистичний контроль якості

AQL (Appraisal Quality Level) – рівень прийнятної якості

ВФ – випадкова функція

ВП – випадковий процес

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасні ринкові відносини пред'являють до промислових підприємств високі конкурентні вимоги в співвідношенні «якість продукції - ціна» [2], що в результаті мотивує промисловість до зниження виробничих втрат і собівартості, а також постійного підвищення якості своєї продукції за допомогою сучасних методів контролю та управління якістю. Основною причиною неякісної продукції приладобудівних підприємств є недосконалість виробничих процесів, які володіють високим ступенем варіабельності та свідомо призводять до випуску дефектної продукції. З іншого боку, об'єктивною перешкодою підвищенню якості випущених приладів і скороченню рівня дефектності продукції на більшості приладобудівних підприємствах України є фізично застаріле обладнання, а також застарілі і недосконалі методи і засоби контролю технологічних процесів, по суті не сприяє реальному забезпеченню якості. При виявленні дефектів виробник може тільки внести корективи, переробити виріб або перетворити його на брухт. У будь-якому випадку страждає ефективність праці і зростають витрати виробництва. Крім того, виправлені або перероблені прилади мають велику ймовірність виходу з ладу, що є повною протилежністю забезпечення якості.

Таким чином, актуальною є задача розробки моделі контролю якості процесу складання з метою здійснення запобіжних дій, які дозволяє прогнозувати якість кінцевої продукції.

**Об'єктом дослідження** є технологічний процес складання приладів.

**Предметом дослідження** є показники якості складання.

**Мета роботи** полягає у підвищенні ефективності технологічного процесу складання за допомогою розробки методів управління якістю за рахунок передбачення кінцевого результату.

Для досягнення поставленої мети в рамках магістерської роботи необхідно вирішити такі основні завдання дослідження:

- Провести аналіз технологічного процесу складання для виявлення та класифікації дефектів і джерел їх виникнення;
- На основі проведених досліджень сформулювати перелік можливих дефектів приладів і виділити основні причини, які значно впливають на їх виникнення;
- Розробити математичну модель впливу дефектів на кінцеву якість складання приладу;
- Виконати експериментальні дослідження та провести статистичний аналіз відповідності математичної моделі;
- Розробити методику проведення статистичного аналізу інформації про вплив дефектів на якість продукції в процесі виробництва;
- Розробити алгоритм визначення рівня дефектності технологічного процесу складання приладів і ПЗ, що його реалізує;
- Провести апробацію розробленого програмного продукту та методики для підтвердження його придатності до застосування.

**Методи досліджень.** У роботі застосований комплексний підхід, заснований на теоретичному аналізі й експерименті. Дослідження проводилися на основі методів загального управління

якістю (TQM); кваліметрії; метрології; математичної статистики; інструментів управління якістю і математичного моделювання.

**Наукова новизна** роботи полягає в наступному:

- запропоновано методику моніторингу впливу дефектів на якість в процесі складання;
- з метою управління процесом складання розроблено математичну модель впливу дефектів на контроль якості;
- проведено дослідження ефективності статистичних методів моніторингу впливу дефектів на якість технологічних процесів при складанні приладів;

**Практична цінність** полягає в тому, що розроблена модель на основі статистичних методів контролю якості, дозволяє з високою точністю запобігти виникненню дефектів при проектуванні технологічного процесу складання приладів. Розроблена методика, алгоритм та програма дають можливість з високим ступенем ймовірності визначати вплив дефектів на кінцевий продукт до запуску у виробництво, яка виключає можливість повторення помилок, що дасть можливість з економити час.

**Практична апробація.** За темою магістерської дисертації було опубліковано статтю у збірнику XIV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні», м. Київ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 4-5 грудня 2018 р.

# РОЗДІЛ 1. АСПЕКТИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

## 1.1 Система контролю якості продукції

Система контролю якості продукції являє собою сукупність взаємопов'язаних об'єктів і суб'єктів контролю, використовуваних видів, методів і засобів оцінки якості приладів та профілактики браку на різних етапах життєвого циклу продукції та рівнях управління якістю (рис. 1.1).

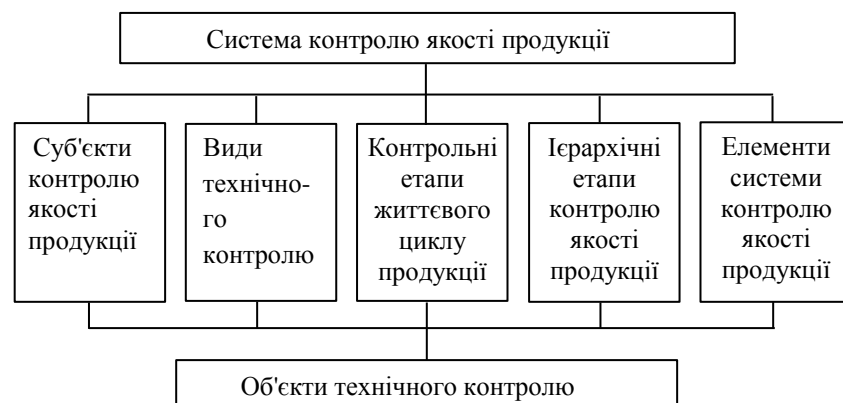


Рис.1.1 Загальний вигляд структурно-функціональної моделі системи контролю якості продукції

Ефективна система контролю якості продукції дозволяє в більшості випадків здійснювати своєчасний і цілеспрямований вплив на рівень якості продукції що випускається, попереджати всілякі недоліки і збої в роботі, забезпечувати їх оперативне виявлення та ліквідацію з найменшими витратами ресурсів [3].

## 1.2 Стадії життєвого циклу продукції

Життєвий цикл продукції - сукупність виробничих процесів і споживання продукції певного виду від початку дослідження можливості її створення до припинення споживання або експлуатації, утилізації або знищення продукції.

Технічний контроль якості продукції здійснюється на всіх стадіях життєвого циклу продукції. Розглянемо завдання технічного контролю на таких стадіях, як розробка, виробництво (виготовлення), експлуатація (споживання), відновлення (ремонт).

Основне завдання контролю якості продукції на етапі розробки продукції виявляти і запобігати порушенням встановлених вимог розробки згідно стандартам та іншим нормативним документам, а також механічним помилкам в процесі проектування приладів і оформлення технічної документації. Які ж причини порушення? Це в першу чергу: а) недостатньо повний облік сучасних досягнень науки і техніки, занижені вимоги стандартів, технічних умов та інших нормативних документів при розробці нових приладів; б) недостатня забезпеченість розробників необхідною інформацією про кращі вітчизняні і світові досягнення в області проектування і виробництва аналогічної продукції; в) незадовільний облік, аналіз і узагальнення відомостей про експлуатацію аналогічної продукції споживачем; г) приділення недостатньої уваги до думки споживача на рахунок нового приладу; д) використання нормативно- технічної документації на сировину, матеріали, полуфабрикати і комплектуючі прилади, що не забезпечує розробку нової продукції високої якості; е) недостатній контроль або відсутність у ряді випадків перевірки проектів технічній документації, внаслідок чого показники технічного рівня і якості приладів, встановлені в ній, виявляються нижче вимог технічного завдання; ж) незадовільне виконання своїх функцій

службами стандартизації, технічного контролю та метрологічного забезпечення.

Контроль відповідності нових розробок встановленим вимогам повинен цілеспрямовано здійснюватися різними компетентними органами, в тому числі національним агентством метрології, стандартизації та сертифікації, відповідними підрозділами міністерств, контролюючими ланками різних служб підприємств (відділів головного конструктора, головного технолога, стандартизації, технічного контролю, метрологічної служби та ін).

Технічна документація розробляється не тільки науково-дослідними, проектно-конструкторськими і технологічними організаціями, а й відповідними підрозділами (відділ головного конструктора, головного технолога та ін ) підприємств. Ця технічна документація повинна підлягати різним видам контролю (конструкторському, технологічному, метрологічному, нормоконтролю і т.д.), так як і вона відіграє важливу роль у формуванні якості продукції. Підрозділи нормоконтролю зобов'язані не тільки контролювати власну технічну документацію, а й проводити експертизу надходячих з інших організацій креслень і проектів, вибірково перевіряти технічну документацію на підприємствах, що постачають напівфабрикати і комплектуючі прилади.

На стадії підготовки виробництва повинен здійснюватися вхідний контроль якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів та комплектуючих приладів, що використовують у власному виробництві кінцевої продукції. Головна мета організації вхідного

контролю - запобігання використанню у виробництві вихідних компонентів готової продукції, які не відповідають за якістю поставленим до них вимогам [4].

На стадії виготовлення продукції технічний контроль зводиться до контролю якості та стану технологічних процесів. При контролі технологічних процесів головна увага приділяється перевірці дотримання технологічної дисципліни в процесі виробництва приладів. Недотримання технологічної дисципліни може бути обумовлено: а) недотриманням вимог технології з вини безпосередніх виконавців; б) використанням у власному виробництві недоброякісної сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих приладів тощо, отриманих по кооперації; в) несправністю або розладнання технологічного обладнання, несвоєчасної заміною інструменту тощо; г) невідповідністю обладнання, інструменту, оснастки і контрольно-вимірювальних засобів вимогам конструкторської та технологічної документації; д) незабезпеченість окремих робочих місць всією необхідною технічною документацією та ін.

Контроль дотримання технологічної дисципліни на підприємствах повинен проводитися в наступних цілях: а) виявлення порушень вимог стандартів, технічних умов, конструкторської, технологічної та іншої нормативно - технічної документації при здійсненні технологічних процесів; б) виявлення причин і конкретних винуватців цих порушень; в) визначення складу заходів, спрямованих на усунення виявлених відхилень від технології та їх запобігання в подальшому.



Крім того контролюється забезпечення досягнутих показників якості продукції в процесі її внутрішньовиробничого транспортування, зберігання, пакування і відправлення споживачеві.

На стадії експлуатації або споживання продукції задачами контролю якості є: а) перевірка відповідності показників якості продукції вимогам науково-технічної документації при зберіганні, транспортуванні та функціонуванні цієї продукції; б) перевірка правильності експлуатації продукції.

На стадії відновлення (ремонт) продукції завданням контролю якості є перевірка відповідності показників якості продукції вимогам науково-технічної документації після ремонту і технічного обслуговування цієї продукції [5].

### **1.3 Об'єкти технічного контролю**

Всі об'єкти технічного контролю якості тісно пов'язані з контрольованими етапами життєвого циклу продукції. У число основних об'єктів технічного контролю якості входять:

- методи розробки і змісту стандартів, технічних умов, конструкторської, технологічної та іншої нормативно-технічної документації, що регламентує процес розробки, виробництва, обігу, експлуатації та ремонту приладів (I);
- якість сировини, матеріалів, напівфабрикатів, заготовок і комплектуючих приладів, одержуваних по кооперації (II);
- якість сировини, матеріалів, напівфабрикатів, заготовок і комплектуючих приладів власного виробництва (III);

- технічний рівень і стан використовуваного обладнання, технологічного оснащення та інструменту, прогресивність технології (IV);
- кваліфікаційний рівень виконавців технологічних операцій та управлінського апарату (V);
- технологічна дисципліна у виробництві і якість праці працюючих (VI);
- методи технічного контролю та випробувань продукції, наявність, технічні можливості і стан контрольно-вимірювальних приладів, пристроїв та інструменту (VII);
- якість виготовлених деталей, вузлів, складальних одиниць і готової продукції (VIII );
- якість упаковки і тари, засоби і правила складування, зберігання і транспортування приладів (IX);
- правила експлуатації, технічного обслуговування і діагностики приладів споживачами, їх дотримання (X);
- якість ремонту і відновлення зношених деталей, вузлів і приладів в цілому, якість запасних частин (XI);
- діяльність органів управління різних рівнів і ланок по реалізації наданих їм контрольних повноважень, процес розвитку і вдосконалення систем управління якістю продукції і технічного контролю на підприємствах, в галузях і т.д. (XII).

Взаємозв'язок об'єктів технічного контролю з контрольними етапами життєвого циклу продукції представлений на (рис.1.2)

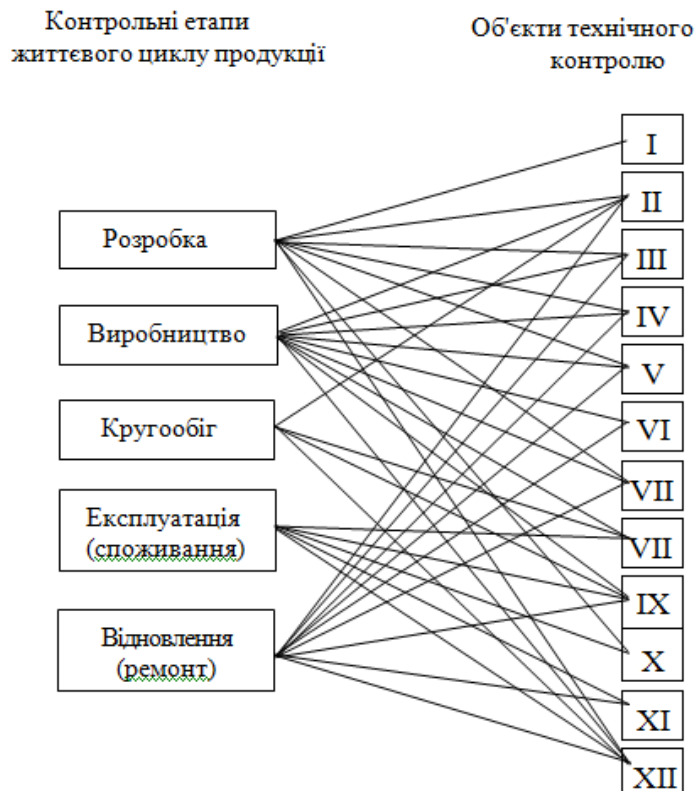


Рис. 1.2 Взаємозв'язок об'єктів технічного контролю з контрольними етапами життєвого циклу продукції

Кожному з перерахованих об'єктів контролю відповідає певний вид перевірки, що відрізняється від інших за такими ознаками:

- складу конкретних методів і засобів оцінки стану контролюваного об'єкта;
- характером, періодичністю і обсягу одержуваної і опрацьованої інформації;
- складом і специфікою засобів впливу на підконтрольний об'єкт за результатами контролю;
- формі організації перевірок та ін.

## **1.4 Суб'єкти контролю якості**

Всю сукупність суб'єктів контролю якості можна класифікувати за їх рівнями управління, на яких вони здійснюють свою діяльність, а також за видами контролю.

На загальнодержавному рівні перевіркою якості виробленої і реалізованої продукції, а також застосуванням різних заходів впливу до порушників займаються:

- Державний комітет України з питань технічного регулювання і споживчої політики (Держспоживстандарт України);
- органи з сертифікації продукції, робіт, послуг, систем якості і виробництв;
- органи митного та антимонопольного регулювання;
- судові органи Держарбітражу;
- комісії місцевих органів влади.

На галузевому рівні і рівні підприємств (організацій) відомчий контроль якості продукції відповідно до закріплених обов'язками і наданими повноваженнями здійснюють:

- міністр і його заступники;
- інспекції з якості продукції міністерств;
- галузеві випробувальні центри;
- директори та головні інженери підприємств галузі;
- підрозділи контролю якості великих виробничих структур;
- відділи технічного контролю підприємств та їх підрозділи поділу;
- бюро технічного контролю цехів і дільниць;

- бригади контролерів ВТК;
- контролери ВТК;
- дослідні та вимірювальні лабораторії , контрольно - випробувальні станції, підрозділи служб головного конструктора, головного технолога, головного механіка, головного металурга, головного метролога, головного бухгалтера, матеріально-технічного постачання, збуту, юридичної, фінансової та ін;
- групи якості;
- майстри, бригадири;
- виконавці виробничих операцій, переведені на самоконтроль;
- виконавці виробничих операцій, не переведені на самоконтроль.

Міжвідомчий контроль якості продукції в рамках наданих повноважень та чинного законодавства можуть здійснювати:

- контролюючі підрозділи торгових, постачальницько-збутових та інших організацій;
- замовники (представники замовників на підприємствах);
- споживачі (їх товариства, асоціації, спілки тощо).

Кожному з названих суб'єктів контролю відповідає свій вид контролю якості, що відрізняється від інших видів наступними ознаками: основні напрями та конкретні завдання перевірок; арсенал наявних засобів і методів здійснення контролю якості продукції (робіт, послуг); місце і час проведення контролю; глибина проникнення в суть явищ і ступінь охоплення всієї сукупності факторів і причин, прямо або побічно впливають на якість продукції

(робіт, послуг); рівень узагальнення результатів перевірок; сукупність важелів і каналів впливу на об'єкт контролю; характер впливу на контрольований об'єкт[6].

### **1.5 Види технічного контролю**

Організаційні форми і види процесів технічного контролю якості продукції вельми різноманітні. Тому доцільно їх розподілити на групи по класифікаційним ознакам (табл.1.1).

Виділяють наступні види контрольних операцій:

- За стадіями виробничого процесу:
- вхідний контроль, призначений для перевірки якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплектуючих приладів, одержуваних по кооперації, а також інструментів та пристосуваннях до початку виробництва.

Таблиця 1.1

#### **Класифікація методів технічного контролю**

| <b>Ознаки<br/>класифікації</b>      | <b>Види технічного<br/>контролю</b> | <b>Характеристика виду<br/>контролю</b>  |
|-------------------------------------|-------------------------------------|--|
| За<br>місцезнаходженням<br>контролю | Стаціонарний                        | Здійснюється на<br>постійному спеціальному<br>робочому місці для<br>перевірки об'єктів                     |
|                                     | Летючий, або<br>поверховий          | Здійснюється<br>безпосередньо на<br>робочому місці обробки<br>чи складання шляхом<br>періодичних перевірок |

|   |                            |   |
|---|----------------------------|---|
| За різними<br>стадіями<br>технологічного<br>процесу | Попередній                 | Застосовується з метою<br>запобігання браку.<br><br>Попередньому контролю<br>піддаються матеріали,<br>заготовки,<br>напівфабрикати, деталі<br>до початку обробки або<br>складання   |
|   | Проміжний<br>(операційний) | Здійснюється на різних<br>стадіях виготовлення<br>заготовок, деталей та<br>складання приладів.<br><br>Основна мета - перевірка<br>якості виконання кожної<br>виробничої операції по<br>технологічному процесу і<br>виключення браку на<br>наступних операціях |
|   | Остаточний<br>(заключний)  | Контролю піддаються всі<br>деталі, вузли і прилади<br>після заключних<br>операцій технологічного<br>процесу обробки або<br>складання. Найбільш<br>відповідальна форма   |

|                                    |              |   |
|------------------------------------|--------------|---|
|                                    |              | попередження випуску<br>недоброякісної продукції  |
| За охопленням<br>об'єктів контролю | Суцільний    | Перевірці підлягають усі<br>без винятку представлені<br>заготовки, деталі, вузли і<br>прилади   |
|                                    | Вибірковий   | Перевірці піддається<br>деяка частина з партії<br>деталей або приладів<br>залежно від умов<br>виробництва   |
|                                    | Статистичний | Найбільш активний<br>спосіб запобігання втрат<br>від браку.Применяється<br>для анализа та<br>регулювання якості<br>продукції, ходу<br>технологічного процесу і<br>стану виробничого<br>обладнання. В основу<br>покладено вибірковий<br>метод, заснований на<br>теорії ймовірностей і<br>математичній статистиці |
|                                    | Інспекційний | Здійснюється для<br>повторного вибіркового  |



|                                    |               |   |
|------------------------------------|---------------|---|
|                                    |               | контролю об'єктів,<br>раніше зданих<br>виробництвом і<br>прийнятих ВТК, а також<br>для вибірових<br>спостережень за роботою<br>приладів в експлуатації<br>протягом встановленого<br>гарантійного строку |
| За охопленням<br>операцій контролю | Поопераційний | Проводиться після<br>кожної операції, коли<br>якість наступної операції<br>залежить від попередньої   |
|                                    | Груповий      | Здійснюється після групи<br>невідповідальних<br>операцій або коли<br>характер технологічного<br>процесу виключає<br>можливість перевірки<br>об'єктів після кожної<br>операції                           |
| По степені<br>автоматизації        | Безперервний  | Застосовується<br>безпосередньо в процесі<br>обробки деталей.<br>Здійснюється<br>автоматизований  |

|                       |                                 |  |
|-----------------------|---------------------------------|--|
|                       |                                 | контроль розмірів і піднастройки обладнання в процесі обробки  |
|                       | Напівавтоматичний               | Контроль розмірів обробки постійно відстежується із застосуванням ЦОУ (цифровий відліковий пристрій). Підналагоджує устаткування здійснюється вручну |
|                       | Автоматизований приємосдаточний | Застосовується для остаточного контролю приладівз використанням автоматизованих вимірювальних комплексів   |
| По характеру контролю | Візуальний                      | Здійснюється тільки зовнішнім оглядом  |
|                       | Геометричний                    | Виробляється перевірка розмірів і геометричних елементів об'єкта   |
|                       | Метрологічний                   | Здійснюється перевірка елементів, від яких залежить якість   |

|                          |                  |   |
|--------------------------|------------------|---|
|                          |                  | (структура, твердість і т.п.)   |
| За призначенням контролю | Попереджувальний | Здійснюється на всіх етапах виробництва з метою запобігання браку   |
|                          | Виробничий       | Застосовується для виявлення браку при перевірці об'єктів, пред'явлених на контроль після завершення певного виробничого етапу або операції.<br>Розрізняють виробничий контроль, що виконується робітниками, наладчиками і майстрами або працівниками ВТК |

### **1.6 Елементи системи контролю якості**

У даному блоці системи контролю якості продукції (рис.1.1) виділяють основні і додаткові елементи.

В основні елементи системи контролю якості продукції входять наступні загальні підсистеми:

- планування;
- інспекційного контролю;

- стимулювання відповідальності.

Головна мета підсистеми планування - складання взаємопов'язаних поточних і перспективних планів робіт з контролю якості продукції на різних рівнях управління і стадіях життєвого циклу приладів.

Головна мета підсистеми інспекційного контролю - постійні і цілеспрямовані перевірки стану робіт з оцінки технічного рівня і якості продукції, що випускається продукції, вдосконалення організаційних форм, методів і засобів контролю та випробувань приладів, а також визначення істинної достовірності результатів технічного контролю та виявлення в загальній сукупності контролюючих органів, підрозділів та осіб конкретних винуватців пропуску недоброякісної продукції.

Головна мета підсистеми стимулювання відповідальності - забезпечення необхідної матеріальної і моральної зацікавленості працівників у досягненні високих стабільних позитивних результатів при контролі якості продукції та здійсненні робіт з комплексного вдосконалення- удосконалюванню різних елементів системи контролю якості. У рамках цієї підсистеми слід встановити жорстку пряму залежність форм і розмірів матеріального і морального стимулювання: а) контрольованих осіб від досягнення та перевищення встановленого рівня параметрів контролю; б) контролюючого персоналу від зміни достовірності і ефективності проведених перевірок, ступеня виконання планів контролю, наявності помилок в роботі.

Планування діяльності, контроль і стимулювання персоналу є загальною, найбільш важливою і невід'ємною частиною роботи з реалізації цілей і завдань всієї системи контролю якості продукції.

- Додаткові елементи системи контролю якості продукції представлені низкою спеціальних і забезпечуючих підсистем.

В структурно-функціональній моделі системи контролю якості продукції можна виділити наступні спеціальні підсистеми:

- профілактика браку та низької якості в процесі розробки і виробництва продукції (включає види і методи контролю якості на етапі розробки прилади; вхідний контроль якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів, комплекту приладів, інструменту та іншої продукції; контроль дотримання технологічної дисципліни в цехах і на ділянках; активний контроль якості, при якому приймаються рішення щодо поліпшення якості продукції та ін);
- випробувань продукції;
- сертифікацію продукції, робіт, послуг, систем якості і виробництв;
- атестації технологічних процесів, робочих місць і виконавців виробничих операцій;
- державного нагляду за впровадженням і дотриманням стандартів, метрологічним забезпеченням виробництва та іншими умовами і факторами випуску продукції потрібної якості;
- самоконтролю якості у виробництві;
- стандартизації методів і засобів контролю якості продукції;
- використання позавідомчих форм контролю якості (замовниками, споживачами, продавцями та ін.)

Забезпечуючими підсистемами системи контролю якості продукції є підсистеми:

- методологічного забезпечення;
- матеріально-технічного забезпечення;
- технологічного забезпечення;
- кадрового забезпечення;
- інформаційного забезпечення;
- метрологічного забезпечення;
- математичного забезпечення;
- правового забезпечення;
- фінансового забезпечення;
- організаційного забезпечення.

Ефективність системи контролю якості продукції визначається ефективністю функціонування підсистем, що забезпечують правильне і своєчасне рішення завдань контролю якості на різних рівнях і стадіях життєвого циклу приладів.

Ефективна система контролю якості продукції дозволяє в більшості випадків здійснювати своєчасний і цілеспрямований вплив на рівень якості продукції, попереджати всілякі недоліки і збої в роботі, забезпечувати їх оперативне виявлення і ліквідацію з найменшими витратами ресурсів.

### **1.7 Виробничий брак**

Необхідною передумовою для розробки заходів щодо поліпшення якості приладів масового виробництва і зниження втрат від браку є систематичний облік і аналіз причин його появи, кількість рекламаций і претензій через дефекти виробництва.

Виробничий брак являє собою продукцію, яка не відповідає за якістю стандартам, ТУ та іншої нормативно-технічної документації. Залежно від характеру дефектів, допущених при виготовленні прилади, брак поділяється на виправний і невиправний (остаточний).

Виправним браком вважаються прилади, які технічно можливо і економічно доцільно виправити в умовах підприємства. Прилади та їх елементи, віднесені до виправного браку, після виправлення використовуються за прямим призначенням.

Остаточним браком вважаються прилади, виправлення яких технічно неможливо або економічно недоцільно. Остаточний брак підлягає утилізації як відходи виробництва.

За місцем виявлення дефектів брак поділяється на внутрішній, тобто виявлений на підприємстві в процесі виробництва до відправки продукції споживачам, і зовнішній, виявлений споживачем у процесі експлуатації приладу.

Оцінка виправного внутрішнього або зовнішнього браку здійснюється за витратами тільки на виправлення дефектів у виробника або споживача без урахування вартості матеріалів, а невиправного за всіма статтями цехової або виробничої собівартості в залежності від місця виявлення браку.

На основі отриманих оцінок визначають втрати від браку як суму вартості сировини, матеріалів, покупних комплектуючих приладів і заробітної плати, виплаченої робітникам за виконання операцій, які передують операції, після якої продукція виявилася непридатною, і вирахуванням суми відшкодування збитків за брак з винуватця.

Втрати від остаточного браку в цеху визначають за формулою:

$$П_б = C_б + З_б - З_в, \quad (1.1)$$

де  $C_б$  - вартість сировини, матеріалів, покупних комплектуючих приладів, віднесених на собівартість продукції;

$З_б$  - заробітна плата, витрачена на браковану продукцію;

$З_в$  - сума відшкодування збитків за брак, стягнута з винуватців.

До втрат від браку відносять також витрати з ремонту техніки, що вийшла з ладу раніше встановленого терміну гарантії.

Для систематизації обліку втрат від браку на підприємствах масового виробництва застосовується класифікація причин і винуватців браку, що охоплює всі стадії виготовлення продукції. Відповідно до класифікації групуються відомості про брак по цехах, дільницях, типовим видам робіт і причинам [5].

### **1.8 Методи технічного контролю якості**

Методи контролю можна класифікувати на руйнівні і неруйнівні.

#### **Руйнівні методи технічного контролю**

Руйнівні методи контролю включають в себе такі види випробувань, як випробування на розтягування і стиснення, випробування на удар, жароміцність, твердість, випробування при термічних, електричних і повторно-змінних навантаженнях (випробування на витривалість).

Руйнівні методи контролю володіють наступними перевагами:

- Методи спрямовані безпосередньо на визначення надійності контрольованого приладу; вони дозволяють імітувати умови, близькі до експлуатаційних.



- Дозволяють отримати кількісні характеристики контрольного параметра і встановити терміни служби приладу до руйнування при заданих навантаженнях.

До недоліків руйнівних методів контролю слід віднести наступне:

- Руйнівні методи проводяться на обмеженій частині приладів з партії. Цінність отриманих результатів залежатиме від стабільності параметрів приладів в партії, інакше поведінка приладу в реальних умовах не буде відповідати результатам проведених випробувань. Вибірковий контроль, яким є руйнівний контроль, неприйнятний для особливо відповідальних приладів космічної, авіаційної та оборонної промисловості.

- Використання руйнівних методів контролю приводить або до повного руйнування контрольованого приладу або до значного погіршення його робочих характеристик. Після електричних або термічних навантажень (без руйнування) необхідно проконтролювати деталь одним з неруйнівних методів контролю, оскільки можливі значні структурні зміни матеріалу приладу, які можуть стати причиною швидкого виходу з ладу дорогокоштуючого обладнання.

- Руйнівні методи непридатні для контролю в умовах експлуатації приладу.

- Руйнівні методи досить трудомісткі і вимагають великих витрат часу висококваліфікованого персоналу. Тому вони економічно не вигідні і застосовуються для обмеженого числа деталей і вузлів [5].

## **Неруйнівні методи технічного контролю**

Під неруйнівними методами контролю розуміються методи контролю за непрямыми ознаками, що не змінюють (на відміну від руйнівних методів) якості, параметрів, характеристик, експлуатаційних властивостей приладу. Вихідною інформацією для неруйнуючих методів контролю є викликані наявністю у приладів дефектів різного роду аномалії в реєстрованих фізичних параметрах. Це можуть бути спотворення потоку теплового випромінювання; зміни забарвлення спеціальних контролюючих покриттів; розсіювання, віддзеркалення і поглинання ультразвукових або електромагнітних хвиль, корпускулярного потоку і т.д. За характером аномалій робляться висновки про наявність дефектів у приладах, їх особливості (тип дефекту, розміри, форма, місце розташування) і причини виникнення.

Відзначимо наступні переваги неруйнівних методів контролю:

- Визначення і вимірювання основних параметрів приладу можна проводити в процесі його виробництва, випробування, експлуатації або ремонту без порушення режиму функціонування і зміни його характеристик.
- Можливість контролю якості в динамічному режимі, в тому числі при прискорених випробуваннях.
- Підвищення об'єктивності та достовірності контролю при технічному обслуговуванні.
- Можливість виявлення прихованих (глибинних) дефектів типу повітряних раковин, непропаю, відшарувань багат шарової

конструкції і т.д., визначення ступеня небезпеки виявлених дефектів для нормального функціонування приладу.

- Можливість використання багатьох неруйнівних методів контролю як профілактичного заходу, здатного попередити катастрофічні руйнування приладу.

- Неруйнівні методи контролю володіють великою точністю, надійністю і чутливістю. Застосування цих методів і аналіз результату випробувань сприяє поліпшенню параметрів приладу і знаходженню оптимальних конструкторських рішень.

- Вартість неруйнівних методів контролю нижче, ніж вартість руйнівних методів, що застосовуються для вимірювань одних і тих же параметрів приладів.

- При неруйнівних методах знижуються витрати на виробництво, оскільки неякісні деталі виявляються на початковому етапі виготовлення приладів.

- Сучасні методи неруйнуючих випробувань дозволяють проводити 100 %-вий контроль продукції і в багатьох випадках автоматизувати операції контролю.

Незважаючи на очевидні переваги неруйнівних методів контролю перед руйнівними, їм також притаманні свої недоліки:

- Неруйнівні методи контролю, як правило, є непрямими методами (наприклад, для виявлення неметалевих включень у сплавах або металах використовують електромагнітні поля, по зміні напруженості яких судять про наявність дефекту в контрольованому пристосуванні).

- Вплив різних дефектів на термін служби і надійності приладів не може бути встановлено з допомогою неруйнівних методів контролю. Зв'язок між непрямыми вимірами і експлуатаційною надійністю повинна бути визначена іншими способами.

- Результати випробувань носять переважно якісний характер, а не кількісний. З їх допомогою можна виявити дефект або простежити механізм руйнування, але неможливо, в основному визначити термін служби приладу до руйнування.

- Результати більшості методів неруйнівного контролю вимагають кваліфікованої розшифрування і інтерпретації і великої підготовчої роботи: обстеження однотипних приладів, підготовки зразків дефектів (складання таблиці дефектів), а також підготовки та тренування обслуговуючого персоналу.

При практичному використанні методів неруйнівного контролю необхідно враховувати їх специфічні особливості. Більшість дефектів можуть бути виявлені, як правило, не одним, а кількома методами неруйнівного контролю, що характеризуються різною чутливістю, рівнем достовірності, складністю, тривалістю контролю та іншими параметрами. Це вимагає рішення задачі раціонального вибору методів неруйнівного контролю з урахуванням специфіки методів і контрольованих приладів.

Залежно від фізичних явищ, покладених в основу методів неруйнівного контролю вони поділяються на такі види: оптичні, капілярні, теплові, радіаційної, акустичні, магнітні, електромагнітні, електричні, радіохвильові.

У загальному випадку руйнівні методи контролю містять збір та оцінку інформації, здійснювані чутливим елементом (датчиком) або використовує енергію і середовище (рідини, промені і т.д.), які зазнають зміни при взаємодії з контрольованим матеріалом або приладом.

Коротко розглянемо основне призначення методів неруйнівного контролю, що знайшли найбільш широке застосування на практиці [5].

### **Візуально-оптичні методи неруйнівного контролю**

Якими б не були унікальні методи і засоби наступних операцій контроль приладів багатьох галузей промисловості (наприклад, приладів радіоелектронної апаратури), в основному, починається з візуального огляду приладу неозброєним оком або за допомогою відповідних оптичних приладів (лупи, спеціальних мікроскопів і т.д.). Візуальна дефектоскопія дозволяє виявити тільки поверхневі дефекти у приладах з металу, характерні поверхневі дефекти пластмасових і керамічних приладів (тріщини, відколи, викришування окремих ділянок, товстий облой і т.д.), внутрішні дефекти в приладах зі скла або прозорих для видимого світла пластмас, дефекти покриттів, нанесених на металеву та неметалевий основу, оцінити якість ізоляції проводів та кабелів, а також вести контроль зовнішніх шарів на всіх стадіях виготовлення багат шарових друкованих плат. При механічній обробці можуть бути пошкодження плат і провідників, тому їх перевіряють зовнішнім оглядом на відсутність сколів, тріщин, відшаровування металевих шарів від основи, розшаровування діелектрика і

викривлення плат. У процесі контролю виявляється правильність розміщення всіх провідників, якість їх нанесення і взаємний вплив. Правильність розміщення перевіряють шляхом порівняння з еталонами та кресленнями.

Мінімальний розмір дефектів, що виявляються неозброєним оком, становить 0,1-0,2 мм, тому робочі місця осіб, що здійснюють контроль, зазвичай оснащуються лупами чотирьох-десятикратного збільшення зображення. Однак і в цьому випадку виявлення дрібних дефектів призводить до максимального напруження зору, не дає належного ефекту і вимагає оснащення досконалою технікою - мікроскопами з діапазоном збільшень 30х40000 і більше, що дає можливість зменшити розмір шуканих дефектів до десятків мікрон і менше.

Більш широке поширення отримав метод оптичного контролю у зв'язку із створенням оптичного квантового генератора. З його допомогою виробляють контроль геометричних розмірів приладів зі складною конфігурацією, неоднорідностей, деформацій, вібрацій, внутрішніх напружень прозорих об'єктів, концентрацій, чистоти газів і рідин, товщини плівкових покриттів, шорсткості поверхні приладів.

Одним з найбільш перспективних напрямків візуальних методів неруйнівного контролю є голографічні методи у видимому діапазоні оптичного випромінення. Особливе місце серед методів оптичної голографії займає голографічна інтерферометрія. Метод контролю, заснований на інтерференції хвиль вперше був запропонований в 1948 р. фізиком Д. Габором. У процесі контролю

якості на фотоплівку одночасно з «сигнальною» хвилею, розсіяної об'єктом, прямувала «опорна» хвиля від того ж джерела світла. При інтерференції цих хвиль виникала картина, яка містить повну інформацію про об'єкт, яка фіксувалася на світлочутливій поверхні - голограмі. При опроміненні голограми або її ділянки опорною хвилею видно об'ємне зображення контрольованого об'єкта з реєстрацією можливих змін даного об'єкта. Голограму можна отримувати за допомогою хвиль будь-якої природи і будь-якого діапазону частот.

Основними елементами установки для реалізації голографічної інтерферометрії є джерело випромінювання (лазер), оптичні елементи для формування та розподілення світлових пучків і реєструючий елемент (фото- пластинка).

Інтерферограмми дають багату інформацію щодо розподілу локальних деформацій і дозволяють виявити потенційно надійні ділянки. Контроль якості оптично прозорих деталей, виявлення неоднорідностей скла, контроль та вимірювання геометричних розмірів інтегральних схем, якість поверхні напівпровідників і вивчення деформацій, пов'язаних з локальними перегрівами приладів, - далеко не повна область застосування голографічної інтерферометрії.

### **Капілярні методи неруйнівного контролю**

Капілярна дефектоскопія заснована на штучному підвищенні світло- і кольороконтрастності поверхневих дефектів (тріщин, раковин, пористості) приладів з металів, кераміки, металокераміки, скла, полімерних і гумових виробів щодо неушкодженої ділянки

шляхом проникнення спеціальних індикаторних речовин (пенетрантів) у поверхневі макродефекти приладу під дією капілярного тиску.

Методи капілярної дефектоскопії поділяються на кольорові і люмінесцентні.

Попередньо підготовлений контрольований виріб (поверхня повинна бути очищена від нагару, шлаку, фарби, металевої плівки і т.д.) поміщається в резервуар, заповнений фарбувальною або люмінесцентною рідиною. Рідина (пенетрант) повинна легко проникати в тріщини і пори і затримуватися в них. Пенетрант повинен мати малу в'язкість, повинен добре розчиняти фарбу або люміноформ, що не викликають корозії матеріалу приладу. В якості пенетрантів використовуються склади на основі бензин-скіпідар, бензол-скіпідар-гас та ін.. До складу люмінесцентних пенетрантів входять гас, норіол, автол, трансформаторне масло та ін.. Після змочування приладу пенетрантом, промивання і просушування на його поверхню наноситься шар швидковисихаючого покриття-проявника (водоспиртовий розчин каоліну або окису магнію). Пенетрант, що проник в поверхневі дефекти приладу, забарвлює покриття в червоний колір, завдяки чому на білому тлі виразно проявляються поверхневі сліди дефектів.

При використанні люмінесцентного методу після змочування поверхні контрольованого приладу пенетрантом, промивання і нанесення тонкого шару проявника (окис магнія або силікагель) виріб висвітлюється ультрафіолетовим світлом - відбувається



люмінесценція індикаторного складу, що потрапив у поверхневі дефекти, в променях ультрафіолетового світла.

Результати капілярної дефектоскопії фіксуються фотографічно.

Чутливість капілярної дефектоскопії визначається абсолютними розмірами дефектів і обмежується верхньою і нижньою межами їх виявлення. Нижніми межами чутливості є різні тупикові несучільності з шириною розкриття менше 1 мк, верхнім - не більше 0,4 мм будь-якої протяжності. Дефекти з більшою шириною розкриття піддавати капілярній дефектоскопії не можна через інтенсивне вимивання пенетранта з гирла дефектів металу.

При капілярному методі контролю прилади, як правило, оглядаються неозброєним оком або із застосуванням лупи 2- 4-кратного збільшення. Як еталон, з яким порівнюються дефекти на перевіряються прилади, використовуються зразки контрольованих приладів, виготовлені з того ж матеріалу, за тією ж технологією, з дефектами, близькими за розмірами до нижньої межі чутливості методу. Крім робочих еталонів зазвичай повинні бути і контрольні. Обидва еталона повинні мати паспорт з описом і фотографією наявних на них вад матеріалу, виявлених капілярним методом [5].

### **Теплові методи неруйнівного контролю**

Теплові методи неруйнівного контролю ґрунтуються на зв'язку між тепловим потоком і температурним градієнтом, що виникають при наявності дефектів у досліджуваних об'єктах. Якість

деталей, вузлів і приладів в цілому оцінюється як за характером розподілу температури, так і по зміні температури окремих ділянок їх поверхні.

Теплове (інфрачервоне) зображення дефекту отримують у відбитому, що проходить або власному випромінюванні досліджуваного приладу.

Принципова схема теплового методу неруйнівного контролю для випадку відбитого випромінювання показана на (рис.1.3)

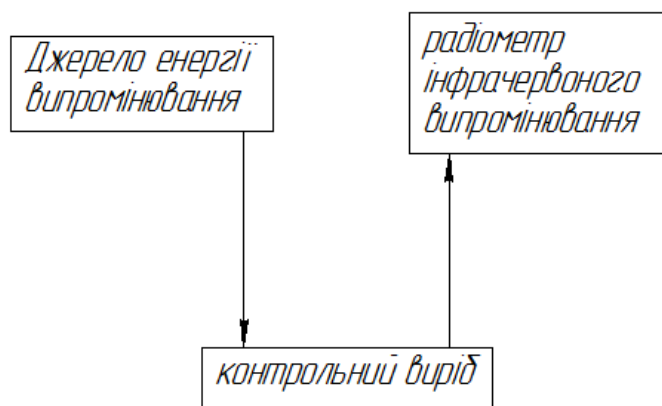


Рис. 1.3 Схема теплового методу неруйнівного контролю

Для контролю приладів при нагріванні тепла енергія у формі інфрачервоного випромінювання потрапляє на поверхню контрольованого приладу. Тепло проникає у виріб із швидкістю, яка залежить від внутрішніх його характеристик. Дефектні ділянки у приладі змінюють тепловий потік. Швидкість поширення тепла вимірюється теплочутливим приймачів радіометром, що сприймає інфрачервоне (ІЧ) випромінювання від поверхні. Якщо тепло

рівномірно розподіляється по випробовуваній поверхні, воно проникає одномірно і у виріб. При наявності дефекту однорідність теплового потоку порушується, і навколо дефекту тепловий потік згущується - з'являється гаряча точка. На цьому принципі засновані теплові (інфрачервоні) дефектоскопи, застосовувані для виявлення поверхневих дефектів до 3 мм на глибині 1 - 1,5 мм.

У ряді випадків при контролі може бути використано власне теплове (інфрачервоне) випромінювання об'єктів при їх функціонуванні в робочому або спеціально вибраному контрольному режимах. Так, наприклад, спостереження і оцінка теплового поля електричної схеми може бути використати для визначення тих із складових елементів схеми, які змінили свою характеристику, працюють у відмінному від нормального тепловому режимі або вийшли з ладу. Аналогічно приховані дефекти в друкованих платах (мікротріщини, відшаровування і ін.), впливаючи на умову тепловиділення і теплопередачі, істотно змінюють температурне поле в місці дефекту. Структурна схема тепловізора містить: оптичну систему, скануючий пристрій, приймач інфрачервоного випромінювання, блок індикації. Оптична система збирає інфрачервоне випромінювання картини і фокусує його на багатоелементну мозаїку чутливих майданчиків приймачів випромінювання. Чутливість елементи перетворюють оптичні сигнали у відповідні електричні, які потім посилюються і відтворюються у вигляді зображення на відеоконтрольного пристрої. Методика тепловізійного контролю включає проведення як якісного, так і кількісного аналізу термограмм. У першому випадку тепловий

режим оцінюється по яскравості зображення на відеоконтрольному пристрої, на порівнянні термограмм з еталонними. Кількісний аналіз проводиться з розподілу обчисленої і справжньої температури поверхні об'єкта. Визначення дійсної температури здійснюється шляхом масштабування термограми відповідно до калібрувальними характеристиками [7].

Важливою властивістю теплового методу неруйнівного контролює те, що він дозволяє контролювати якість в часі (динамічний режим контролю).

Крім розглянутих теплових методів слід зазначити також:

- Термоелектричну дефектоскопію, засновану на вимірюванні електрорушійної сили (термо-ЕРС), що виникає в замкнутому ланцюзі при нагріві місця контакту двох різнорідних матеріалів. Якщо один з цих матеріалів прийняти за еталон, то при заданій різниці температур гарячого і холодного контактів величина і знак термо-ЕРС буде визначатися хімічним складом другого матеріалу.
- Використання температурно-чутливих фарб і складів, що змінюють колір або зазнають плавлення при певних режимах роботи приладу;
- Люмінесцентні методи, засновані на зміні інтенсивності світіння деяких люмінофорів під дією ультрафіолетового випромінювання від температури (ZnS, JnCdS та ін);
- Рідкокристалічні методи, засновані на використанні властивостей холестеричних рідкокристалічних з'єднань, забарвлення яких чутлива до температури і оборотно змінюється з

температурою внаслідок дифракції та інтерференції в тонких плівках;

- Фотоемульсійні методи, які використовують властивості фотграфічних емульсій, швидкість прояви яких залежить від температури [9].

### **Радіаційні методи неруйнівного контролю**

Методи з використанням проникаючого випромінювання отримали назву радіаційної дефектоскопії. Радіаційні методи неруйнівного контролю засновані на реєстрації зображення, що виходить в результаті різного ослаблення корпускулярного потоку ділянками контрольованого об'єкта. Проникаючі випромінювання особливо ефективні при виявленні неоднорідностей в литті і зварних конструкціях, в пайках електричних схем.

Для контролю використовуються потоки нейтронів, електронів, позитронів, важких заряджених частинок (протонів, альфа-частинок тощо), а також рентгенівське або гамма-випромінювання. Можливості виявлення дефектів приладу залежать як від виду випромінювання, його енергії, так і від технічних характеристик використовуваного обладнання. Реєстрація зображення, одержуваного «просвічуванням» прилади, виробляється на фотоплівці (нейтронографія, рентгенографія і т.д.) або на спеціальному флуоресційний або телевізійний екран (рентгеноскопія), з підкресленням градацій в щільності тіні різними кольорами спектру.

Основною характеристикою випромінювання для задач контролю є проникаюча здатність, що залежить від поглинання випромінювання матеріалів приладів.

Нейтронний радіографічний контроль здійснюється переважно потоками нейтронів різних енергій. В якості джерел нейтронного потоку використовуються радіоізотопи (щільність потоку нейтронів мінімальна -  $10^{-104}$  с-1м-2), прискорювачі (щільність потоку  $10^3 - 10^6$  с-1м-2) або реактори (щільність потоку до  $10^8$  с-1м-2). Радіоізотопні радіографи характеризуються від малої до середньої роздільною здатністю, портативністю, але великим часом експозиції (десятки хвилин). Більш високий дозвіл і менший час експозиції забезпечується при використанні потоку нейтронів з прискорювачів і тим більше з реакторів. Електронна дефектоскопія здійснюється за допомогою пучка електронів, виведеного з бетатронів або лінійних прискорювачів. Реєстрація електронів пройшли, відображених або розсіяних приладом здійснюється радіографія на плівку за допомогою чутливих до електронним потоків перетворювачів сцинтиляційного типу з виходом на телевізійний екран (чутливість порядку 0,3 % від товщини приладу), а також спектрометричним методом (чутливість досягає 0,05 %). Недоліком метода є обмежена глибина контролю (до 3 мм), обумовлений порівняно малим пробігом електронів.

*Позитронна дефектоскопія* (де джерелом є генеровані радіоактивним матеріалом позитрони) дозволяє визначити початок руйнування в металах ще до появи тріщин. Оскільки позитрони притягуються до лінійних дефектів кристалічної решітки,

виникають до появи сталостної тріщини, середній час життя позитрона можна пов'язати з наявністю дефектів або областей сталості в матеріалі. Це дозволяє контролювати характеристики пластичної деформації в таких процесах, зокрема, як загартування, відпустка або термообробка.

Дефектоскопія з використанням потоків важких заряджених частинок включає в себе протонну радіографію, протонну інтроскопів (просвічування приладу). При протонній радіографії фіксується слід (трек) руху частки за допомогою чутливої плівки або термопластика. У зоні дефекту відбувається зміна напрямку сліду, яка може бути виміряна. При протонній інтроскопії за допомогою бульбашкової або іскрової реєструючих камер фіксується напрямок і енергія протона, що пройшов через контрольований виріб. Це дозволяє встановити місцезнаходження, розміри дефектів, а також властивості матеріалу дефектної зони (атомний номер, заряд ядра). Чутливість цих методів при оцінці локальних змін щільності - до 0,3 %, що в багато десятків разів перевищує чутливість рентгенівських методів контролю.

Основним обмеженням при використанні радіаційних методів неруйнівного контролю є можливість радіаційного пошкодження контрольованого приладу.

*Рентгенівські методи неруйнівного контролю* засновані на реєстрації тіньового зображення, одержуваного в результаті «просвічування» контрольованого приладу рентгенівськими променями (електромагнітними коливаннями з довжиною хвилі від  $10^{-6}$  до  $10^{-8}$  м). Поглинання рентгенівських променів залежить від

щільності середовища і атомного номера елементів, утворюючих матеріал середовища. Наявність таких дефектів, як тріщини, раковини і сторонні включення, призводить до того, що проходячи через матеріал промені послаблюються в різні ступені. Реєструючи розподіл інтенсивності проходження променів, можна визначити наявність і розположення різних неоднорідностей матеріалу.

Методи контролю з використанням рентгенівських променів поділяються на методи рентгеноскопії і методи рентгенографії. Рентгеноскопія - візуалізація тіньового рентгенівського зображення на рентгенівському флуоресціюючому або телевізійному екранах. Рентгенографія - отримання тіньового зображення (рентгенограми) на рентгенівській плівці (касета з рентгенівською плівкою розміщується в рентгенівському пучку за приладом).

Чутливість методів рентгенодефектоскопії визначається ставленням протяжності дефекту в напрямку просвічування до товщини деталі в цьому перетині і для різних матеріалів становить 1-10 %. Застосування цього методу ефективно для сталевих деталей порівняно невеликої товщини (до 80 мм) і у приладах з легких сплавів товщиною до 250 мм. Промислові рентгенівські установки забезпечують енергію випромінювання від 5 до 400 кев ( $1 \text{ ев} = 1,60210 \cdot 10^{19} \text{ Дж}$ ).

Для рентгенопросвічування використовуються апарати, основними елементами яких є рентгенівська трубка, джерело живлення і пристрій для управління режимом трубки. Блок-схема рентгенотелевізійного контролю представлена на (рис.1.4.).



Широке поширення знайшли також рентгентелевізійні мікроскопи, що дозволяють виявляти дефекти, розміри яких не перевищують одиниць і десятків мікрон.

Рентгенівські методи неруйнівного контролю є одними з найбільш ефективних методів діагностики і дефектоскопії в приладобудуванні, металургії (виявлення раковин, тріщин, лікваційних включень в литих і зварних приладах), в радіоелектроніці (визначення внутрішніх монтажних дефектів, поломок деталей, обривів і замикання провідників), в медицині і т.ін..

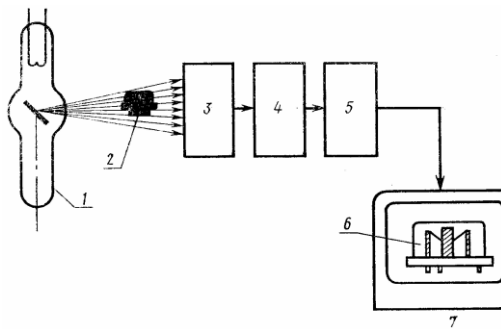


Рис.1.4 Блок-схема рентгентелевізійного контролю:

1 – рентгенівська трубка; 2 – об'єкт контролю; 3 – рентгеновідікон; 4 – підсилювач-перетворювач; 5 – блок телевізійної системи; 6 – збільшене зображення контрольного приладу; 7 – відео контрольний пристрій

*Гамма-дефектоскопія* має ту ж фізичну сутність основи, що й рентгенодефектоскопія, але при цьому використовуються гамма-промені (електромагнітні коливання з довжиною хвилі менше 10-10м), що випускаються штучними радіоактивними ізотопами різних металів (кобальту, цезію, європію, танталу і ін.) При гамма-

дефектоскопії використовують енергію випромінювання від декількох десятків до 1-2 Мев для просвічування деталей великої товщини. Апаратура для гамма-дефектоскопії порівняно з рентгенодефектоскопією проста, джерело випромінювання компактне.

При роботі з джерелами рентгенівського і гамма-випромінювання повинен бути забезпечений біологічний захист [10].

### **Ультразвукові методи неруйнівного контролю**

Ультразвукова дефектоскопія заснована на використанні пружних коливань, головним чином ультразвукового діапазону частот. Якщо в деталі є дефекти і на них потрапляє промінь ультразвуку, то він змінює свій напрямок на дефекті. Індикатор, вловивши цю зміну, миттєво показує, що в литій деталі дефект.

До числа основних методів ультразвукової дефектоскопії відносяться: ехометод, тіньовий, резонансний, велосиметричний (власне ультразвукові методи), імпедансний і метод вільних коливань (акустичні методи).

Ехометод є найбільш універсальним і заснований на посиленні у виріб коротких імпульсів ультразвукових коливань спеціальним випромінювачем (вібратором) і реєстрації індикатором інтенсивності і часу приходу луни сигналів, відбитих від дефектів. Випромінювач і індикатор можуть бути суміщені в одному датчику, працюючому в імпульсному режимі, чергуючи свої функції, тобто працюючи спочатку як випромінювач, а потім як індикатор. Для контролю приладу датчик еходефектів сканує його поверхню. Цей

метод дозволяє виявляти дефекти, відбиваюча поверхня яких має площу близько 1 мм<sup>2</sup>.

Тіньовий метод вимагає розташування випромінювача і індикатор один проти одного з приміщенням випробуваного об'єкта (наприклад, листового матеріалу) між ними. При відсутності в тілі листа дефекту ультразвукові коливання проходять крізь нього і сприймаються датчиком індикатора. При наявності на шляху ультразвукового пучка дефекту значної величини змінюється напрям поширення коливань, так що датчик індикатора потрапляє в область «звукової тіні» і не сприймає хвиль. Ультразвук може передаватися випробуваному приладу через тонкий шар мастила, опусканням деталі в рідину (іммерсійний спосіб) або шляхом безпосереднього контакту випромінювача з випробуваним приладом. Таким методом виявляються дефекти діаметром до 1 мм в сталевих листах товщиною до 10 мм.

*Резонансний метод* заснований на визначенні власних резонансних частот пружних коливань (частотою 1 - 10 МГц) при порушенні їх у приладі. Цим методом вимірюють товщину стінок металевих приладів з точністю до 1%.

*Велосиметричний метод*, заснований на вимірюванні зміни швидкості поширення пружних хвиль у зоні розповсюдження дефектів у багатошарових конструкціях, використовується для виявлення зон порушення зчеплення між шарами металу.

*Імпедансним методом* вимірюється механічний опір (імпеданс) прилади датчиком, скануючим поверхню і збуджуючим у приладі пружні коливання звукової частоти. Цим методом можна

виявляти дефекти в клеєних, паяних та інших з'єднаннях, між тонкою обшивкою і елементами жорсткості або заповнювачами в багатошарових конструкціях.

Метод вільних коливань заснований на аналізі спектру вільних коливань контрольованого приладу, збудженого ударом. Застосовується для виявлення зон порушення з'єднань між елементами в багатошарових клеєних конструкціях значної товщини з металевих і неметалевих матеріалів [12].

### **Електромагнітні методи неруйнівного контролю**

Серед електромагнітних методів неруйнівного контролю найбільш поширеним і перспективним є метод вихрових струмів. Струмовихрова дефектоскопія заснована на порушенні в металевих контрольованих приладах вихрових струмів змінним магнітним полем датчика дефектоскопа. Вихрові струми створюють своє поле, протилежне за знаком збудливому. В результаті взаємодії цих полів змінюється повний опір котушки датчика, що і відзначає індикатор. Показання індикатора крім електропровідності і магнітної проникності металу, розмірів приладу залежать також від змін електропровідності за структурних неоднорідностей або порушень однорідності металу, що саме і використовується при побудові струмовихрових (електроіндуктивних) дефектоскопів. Датчики струмовихрових дефектоскопів виготовляють у вигляді катушок індуктивності, усередині яких поміщають виріб (прохідні датчики) або які накладають на виріб (накладні датчики).

Головною перевагою електромагнітного методу неруйнівного контролю є його велика універсальність. Електромагнітні індуктивні

дефектоскопи дозволяють виявляти поверхневі тріщини завглибшки в кілька мікрон при протяжності їх в декілька десятих доль міліметра, оцінювати внутрішні напруження в металевих приладах, оцінювати забрудненість високоелектропровідних металів (міді, алюмінію), контролювати якість термічної обробки, визначати глибину шарів хіміко-термічної обробки з точністю до 3%, сортувати деякі матеріали по марках, вимірювати електропровідність неферромагнітних матеріалів з точністю до 1%.

На цьому ж принципі засновані прилади - товщиноміри, що використовують інформацію вихрових струмів про електрофізичні властивості покриттів і тієї основи, на яку вони нанесені. За допомогою таких товщиномірів можна вимірювати ізоляційні, металеві та неметалеві покриття на магнітних і немагнітних металах, а також неструмопровідні покриття на металах (кераміка, теплоізоляція і т.д.).

В даний час розроблено та використовується велика кількість приладів, заснованих на застосуванні методу вихрових струмів і призначених для контролю розмірів, дефектів та електромагнітних властивостей різних промислових приладів [14].

### **Інші методи неруйнівного контролю**

*Магнітна дефектоскопія* заснована на дослідженні спотворень створеного магнітним дефектоскопом магнітного поля, що виникають в місцях дефектів у приладах з ферромагнітних матеріалів. Індикатором може служити магнітний порошок

(наприклад, закис-окис заліза) або його суспензія в маслі. При намагнічуванні приладу порошок осідає в місцях розташування дефектів. Таким методом - магнітного порошку можна виявити тріщини та інші дефекти на глибині до 2 мм. Чутливість методу магнітної дефектоскопії залежить від магнітних характеристик матеріалів, застосовуваних індикаторів, режимів намагнічення приладу та ін..

*Електростатична дефектоскопія* заснована на використанні електростатичного поля, в яке поміщують виріб . Для виявлення поверхневих тріщин у приладах з неелектропровідних матеріалів (скла, пластмас, порцеляни), а також з металів, покритих тими ж матеріалами, запилюють тонким шаром порошку крейди з пуліверизатору з ебонітовим наконечником (порошковий метод). Частинки крейди при цьому отримують позитивний заряд і в результаті неоднорідності електростатичного поля накопичуються у країв тріщин. Перед запиленням деталі необхідно змочити іоногенною рідиною.

*Трибоелектрична дефектоскопія* заснована на вимірюванні електрорушійної сили, що виникає при терті різнорідних матеріалів. Вимірюючи різницю потенціалів між еталонними і випробовуваними матеріалами, можна розрізнити марки деяких сплавів [16].

## **1.9 Організація контролю якості продукції на підприємстві**

### **Завдання, функції та шляхи вдосконалення діяльності служб контролю якості підприємств**

На підприємствах технічний контроль якості продукції здійснює служба технічного контролю - спеціальний структурний підрозділ (відділ, сектор, лабораторія, бюро і т.д.).

Головними завданнями служби технічного контролю є запобігання випуску (поставки) підприємством продукції, що не відповідає вимогам стандартів і технічних умов, затвердженим зразкам (еталонам), проектно-конструкторської та технологічної документації, умовам поставки і договорів, або некомплектної продукції, а також підвищення відповідальності всіх ланок виробництва за якість продукції.

В даний час на багатьох підприємствах склалася наступна ієрархія контролюючих служб та їх підрозділів: відділ або управління технічного контролю підприємства (рівень управління - підприємство), бюро технічного контролю цеху (на рівні цеху), бригада контролерів ділянки (на рівні ділянки), робочий контролер (на робочому місці) [17].

### **Функціональний склад служб контролю якості на підприємствах**

Через різноманіття завдань контролю якості продукції і необхідності відповідних перевірок на різних етапах процесу виробництва у складі служб технічного контролю підприємств можна виділити наступні спеціалізовані функціональні підрозділи:

у сфері контролю саме в процесі виробництва:

- вхідного контролю якості продукції, одержуваної з кооперації;
- контролю якості продукції (приладів ) у цехах і на ділянках;

- ізоляції браку;
- обліку, аналізу та класифікації браку у виробництві;
- інспекційного контролю;
- дослідження надійності продукції що випускається;
- контролю якості упаковки та зберігання продукції на складах;

у сфері контролю готової продукції:

- приймального контролю готової продукції;
- контролю якості продукції (приладів) у процесі експлуатації споживачем і по завершенні окремих етапів експлуатації;

- аналізу претензій і рекламаций споживачів на продукцію;

у сфері контролю використаного обладнання, оснащення, інструменту:

- контролю технічного стану та точності обладнання;
- контролю технологічної оснастки;
- контролю якості інструмента власного виготовлення;

у сфері контролю використаної вимірювальної та дослідницької апаратури:

- вимірювальної техніки;
- лінійних і кутових вимірювань;
- особливо точних вимірювань;
- дефектоскопії;
- ремонту контрольно-випробувального обладнання, з вимірювальних приладів і оснащення;

у сфері вдосконалення методів і засобів контролю:

- впровадження нових засобів і методів технічного контролю;



- розробки, впровадження і контролю функціонування системи управління якістю продукції на підприємстві;
- технічного та технологічного забезпечення процесів контролю якості.

Структура служб контролю якості багатьох підприємств не містить в даний час перерахований вище набір необхідних підрозділів, що, природно, відбивається на самій якості роботи підприємства.

### **Основні недоліки в роботі служб контролю якості підприємств**

За роки роботи служб контролю підприємств накопичено певний досвід. Відзначаються певні характерні недоліки, такі як:

- слабе технічне оснащення і недосконалість метрологічного забезпечення;
- недосконалість методик вимірювань, дублювання і паралелізм до роботи з оцінки якості;
- невідповідність кваліфікації розряду контролерів розряду виконуваних контрольних робіт;
- низький загальноосвітній рівень працівників служби технічного контролю;
- низька пропускна здатність контрольних служб через недостатню чисельності персоналу та інших причин, призводить часто до невиконання окремих робіт з контролю якості, появи безконтрольних ділянок виробництва;
- відносно низька заробітна плата і непередуманість систем преміювання персоналу контрольних служб.

Особливо слід відзначити недостовірність результатів контролю, низьку вимогливість і суб'єктивізм в оцінці якості продукції. Все це призводить до ослаблення роботи з виявлення браку, збільшення кількості рекламаций на продукцію, що випускається.

Багато недоліків у роботі служб контролю якості продукції підприємств пов'язані з невиконанням (або неналежним виконанням) окремих видів робіт, а також з неправильним розподілом обов'язків по технічному контролю між різними підрозділами відповідних служб і, природно, з відсутністю багатьох важливих підрозділів у складі служб контролю якості підприємств [19].

### **Удосконалення діяльності служб контролю якості підприємств**

Удосконалення діяльності служб контролю якості підприємств має передбачати створення, розвиток і зміцнення тих підрозділів цієї служби, які здатні ефективно вирішувати наступні завдання:

- розробку і впровадження прогресивних методів і засобів технічного контролю, які сприяють зростанню продуктивності праці, підвищенню об'єктивності перевірок;
- підготовку необхідної інформації для нормування трудомісткості контрольних операцій (що дозволить оптимізувати кількість контролерів), об'єктивного обліку та комплексної диференційованої оцінки якості праці різних категорій персоналу контрольної служби;

- проведення робіт з впровадження самоконтролю основних виробничих робітників (сюди входить і формування набору технологічних операцій, переданих на самоконтроль, і оснащення робочих місць необхідними контрольно-вимірювальними і випробувальними приладами, інструментами, документацією та спеціальне навчання робітників та інше);

- проведення досліджень динаміки якості продукції як в процесі виробництва, так і в процесі експлуатації, що передбачають збір даних як в процесі виробництва, так і ефективний інформаційний взаємозв'язок між постачальниками та споживачами з питань якості продукції.

- координацію роботи всіх структурних підрозділів служби технічного контролю якості підприємства.

Особливо слід виділити розробку і реалізацію заходів із профілактики браку у виробництві а також визначення величини і динаміки витрат на контроль якості продукції, оцінку ефективності роботи контрольних служб.

### **Система профілактики браку на підприємстві**

Пасивна фіксація браку у виробництві навряд чи може активно впливати на процес формування якості приладів. Ця обставина зумовила необхідність створення системи профілактики браку на підприємстві, передбачати профілактику браку як на стадії підготовки виробництва, так і безпосередньо у виробництві [21].

На стадії підготовки виробництва з метою профілактики браку передбачений контроль якості нових розробок і вхідний контроль

якості, а на стадії виробництва - контроль дотримання технологічної дисципліни і само- контроль якості.

### **Контроль якості нових розробок**

Контроль якості нових розробок передбачає: а) оцінку і регулювання технічного рівня розробок; б) нормо-контроль конструкторської та технологічної документації [22].

#### *Контроль якості продукції на етапі розробки*

Основне завдання контролю якості продукції на етапі розробки - виявлення і запобігання з одного боку, неминучих творчих пошукових помилок конструкторів і технологів, а з іншого - явних порушень встановлених вимог і механічних помилок в процесі проектування виробів та оформлення технічної документації.

Які ж причини таких порушень? Це:

- недостатня забезпеченість розробників необхідною інформацією про кращі світові досягнення в області проектування і виробництва аналогічної продукції;
- неповний облік думки споживача про якість і технічному рівні нового приладу, а також незадовільний облік, аналіз і узагальнення відомостей про експлуатацію аналогічної продукції;
- використання нормативно-технічної документації на сировину, матеріали, напівфабрикати і комплектуючі прилади, що не забезпечує розробку нової продукції високої якості, а також занижені вимоги стандартів, технічних умов та інших нормативних документів при розробці нових приладів;

- незадовільне виконання своїх функцій службами стандартизації, технічного контролю та метрологічного забезпечення.

Контроль відповідності нових розробок встановленим вимогам здійснюється різними компетентними органами, в тому числі і національними органами стандартизації, контролюючими ланками різних служб підприємства (відділів головного конструктора, головного технолога, стандартизації, технічного контролю, метрологічної служби та ін.) Вагома роль при контролі повинна відводитися замовнику технічної документації на виробництво нових і модернізацію тих що випускаються.

#### *Нормоконтроль документації на нову продукцію*

Нормоконтроль конструкторської та технологічної документації являє собою сукупність операцій, завдяки яким визначаються відповідність її вимогам діючої нормативно-технічної документації та необхідні заходи щодо її вдосконалення [23].

Нормоконтроль документації на нову продукцію направлений на дотримання в розроблюваних виробах норм і вимог, встановлених в стандартах, і на досягнення в них високого рівня стандартизації та уніфікації на основі широкого використання раніше спроектованих, освоєних у виробництві та стандартизованих приладів, типових конструкторських рішень і виконань. У процесі нормоконтролю перевіряється дотримання діючої системи класифікації та кодування, оформлення технічної документації відповідно до вимог стандартів.

Нормоконтролю піддається не тільки документація, розроблена відділами головного конструктора, головного технолога та ін. даного підприємства, а й здійснюється вхідний нормоконтроль конструкторської документації, прибувших від інших організацій чи підприємств. При цьому перевіряється також комплектність документації, наявність обов'язкових підписів, правильність позначення стандартів та іншої нормативно-технічної документації, наявність на підприємстві зазначеної в кресленнях розробника нормативно-технічної документації та ін..

Фахівці з нормоконтролю повинні володіти широким кругозором і відрізнятися глибокою компетентністю. Зміна та виправлення технічної документації, пов'язані з порушенням діючих стандартів та інших нормативно-технічних документів, вносять в технічні документи на підставі нормоконтролю в обов'язковому порядку. Пропозиції, спрямовані на підвищення рівня стандартизації та уніфікації приладів, скорочення їх типорозмірів і т. д. вносять в технічну документацію за узгодженням з її розробником.

Слід зазначити, що процес виправлення помилок, виявлених нормоконтролером в конструкторській та технологічній документації, а також процедура внесення необхідних змін до креслення, схеми, технологічної карти та інше нерідко вимагають істотних витрат часу і при - водять до затримки виробництва. У зв'язку з цим основну кількість перевірок доцільно перенести на найбільш ранні стадії створення технічної документації, організувати повсякденний профілактичний контроль ходу розробок.

Фахівці з нормоконтролю повинні здійснювати облік знайдених відхилень і помилок, аналізувати їх характер і причини виникнення, накопичувати інфорцію, необхідну для оцінки діяльності розробників технічної документації.

При правильній постановці нормоконтролю (правильному нормуванні витрат часу і ресурсів на проведення нормоконтроля, визначенні обсягів і норм перевірок технічної документації, стимулюванні нормоконтролера та ін.) поліпшується якість конструкторської та технологічної документації, а отже, і якість виготовленої на її основі продукції.

### **Вхідний контроль якості продукції, одержуваної по кооперації**

Вхідний контроль якості передбачає вибірккову або суцільну перевірку: а) одержуваних сировини і матеріалів; б) напівфабрикатів і заготовок; в) комплектуючих приладів і запасних частин [24].

Головна мета організації вхідного контролю якості, що визначає його сутність і місце у виробничому процесі, - запобігання використання у власному виробництві вихідних компонентів готової продукції, невідповідності за якістю поставлених до них вимогам. На частку комплектуючих приладів припадає до 70-80% всіх несправностей продукції при експлуатації їх споживачами.

Звідси і важливість ефективного здійснення вхідного контролю якості продукції, одержуваної з кооперації. У коло першочергових завдань підрозділів вхідного контролю входять:

- кваліфікований контроль якості всієї продукції, одержуваної підприємством по кооперації; правильне заповнення та

оформлення необхідних документів по результатам вхідного контролю;

- удосконалення форм організації, методів проведення вхідного контролю; методів регулювання номенклатури і кількості контрольованих ознак продукції залежно від її вхідної якості; впровадження наукової організації праці працівників вхідного контролю; впровадження високопродуктивних технічних засобів контролю якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих приладів;
- ізоляція і відповідне маркування забракованих партій сировини, матеріалів, напівфабрикатів і комплектуючих приладів; організація участі постачальників у вирішенні спірних питань при вибракуванні отриманих від них великих партій матеріалів і напівфабрикатів;
- контроль дотримання встановленого порядку маркування, складування, зберігання та видачі підрозділам свого підприємства продукції, отриманої від постачальників і пройшовших вхідний контроль;
- систематизація та облік даних при роботі постачальників за тривалий проміжок часу і в результаті цього випрацювання рекомендацій щодо поліпшення якості поставок, зменшенням кількості недоброякісних поставок.

### **Контроль дотримання технологічної дисципліни у виробництві**

Контроль дотримання технологічної дисципліни передбачає:

- а) контроль точності і стабільності технологічних процесів, стану обладнання, якості оснастки та інструменту, точності засобів



метрологічного забезпечення; б) контроль рівня кваліфікації та якості праці виконавців виробничих операцій; в) міжопераційний, в тому числі активний, контроль якості.

Основними цілями контролю технологічної документації є:

- виявлення порушень вимог стандартів, технічних умов, конструкторської, технологічної та іншої нормативно-технічної документації при здійсненні технологічних процесів, що веде до негативних наслідків (зниження рівня якості приладів; зростання втрат від браку; збільшення витрат ресурсів на здійснення технологічного процесу та ін);
- виявлення причин і конкретних винуватців цих порушень;
- визначення складу заходів, спрямованих на ліквідацію виявлених відступів від технології та їх запобіганню надалі.

Які ж основні причини недотримання технологічної дисципліни? Аналіз показав, що це: а) використання у власному виробництві некондиційної сировини, матеріалів і т. д., отриманих по кооперації; б) незабезпеченість робочих місць всією необхідною технічною документацією; в) недотримання вимог технології з вини виконавців в результаті їх низької кваліфікації або свідомого їх порушення, що виражається у невиконанні, неналежному виконанні або самовільній зміні послідовності деяких операцій технологічного процесу; г) несправність або розладнання технологічного обладнання, несвоєчасна заміна інструменту; д) невідповідності обладнання, інструменту, оснащення, контрольно-вимірювальної та випробувальної апаратури, використовуваних при оснащенні

технологічних операцій, вимогам конструкторської та технологічної документації та ін..

### **Самоконтроль якості у виробництві**

Основне завдання самоконтролю якості полягає у здійсненні робочим-виконавцем безпосередньо на робочому місці всіх передбачених операцій контролю якості продукції в повній відповідності з вимогами контрольної документації. Таким чином основна маса контрольних операцій переноситься на найбільш ранні стадії процесу формування якості продукції, що, природньо, сприяє своєчасному виявленню і швидкому виправленню або ізоляції браку.

Перерахуємо і інші переваги самоконтролю якості у виробництві:

- можливість активного профілактичного впливу виконавця на виробничий процес з метою попередження можливих порушень і появи браку і внаслідок цього формування у нього високої відповідальності за якість своєї праці, творчого ставлення до поставленого завдання;
- постійне отримання інформації про хід технологічного процесу, що дозволяє оперативно впливати на нього, усувати виявлені відхилення з мінімальними витратами часу і ресурсів, зосереджувати увагу на найбільш відповідальних і нестійких за якістю операціях, створювати умови для підвищення якості продукції;
- скорочення пропуску браку на наступних операціях технологічного процесу; зменшення взаємних претензій виконавців і контролерів; зниження витрат виробництва

внаслідок можливості переходу від суцільної до вибіркової перевірки продукції відділом технічного контролю в умовах самоконтролю;

- формування у виконавців високої відповідальності за якість своєї праці, творчого ставлення до поставленого завдання.

Але для впровадження реального самоконтролю повинні бути певні умови це:

- організація навчання виконавців-робітників методам і прийомам контролю якості;
- оснащення робочих місць сучасними технічними засобами контролю;
- матеріальне і моральне стимулювання робітників, переведених на самоконтроль;
- готовність технологічного процесу до переходу на самоконтроль (з метою підвищення оперативності впливу на процес, часовий інтервал між виробничими і контрольними операціями по можливості повинен бути мінімізований; час на контроль якості має бути включено в загальну трудомісткість операцій технологічного процесу та ін).

На підприємствах на самоконтроль переходять не тільки окремі робочі а й цілі бригади основних виробничих робітників. При цьому в таких бригадах формується колективна відповідальність за якість продукції, що сприяє посиленню взаємного контролю членів бригади, вимагає підвищення кваліфікації всіх робітників бригади.

### **Висновки до розділу**

В данному розділі було проведено аналіз існуючої літератури та досліджень на тему якості технологічних процесів на виробництві. Зроблено огляд існуючих праць і методів контролю і моніторингу якості технологічних процесів. Було розглянуто систему контролю якості продукції та стадії життєвого циклу продукції. Розглянуто три основні стадії технічного контролю, такі як: виробництво (виготовлення), експлуатація (споживання), відновлення (ремонт). Визначено основні завдання контролю якості виготовлення приладів на їх різних етапах. Наведено основні об'єкти технологічного контролю якості.

Розглянуто поняття виробничого браку, та з'ясували, залежно від характеру дефектів, допущених при виготовленні приладів, брак поділяється на виправний (брак який технічно і економічно доцільно виправити в умовах підприємства) і невиправний (остаточний, виправлення яких технічно неможливо або економічно не доцільно).

В процесі дослідження класифікації методів технічного контролю було визначено два основних: руйнівний та неруйнівний методи. Руйнівні методи контролю включають в себе такі види випробувань, як випробування на розтягування і стиснення, випробування на удар, жароміцність, твердість, випробування при термічних, електричних і повторно-змінних навантаженнях (випробування на витривалість). Та було перелічено ряд переваг цього методу. Під неруйнівними методами контролю розуміються методи контролю за непрямыми ознаками, що не змінюють (на відміну від руйнівних методів) якості, параметрів, характеристик, експлуатаційних властивостей приладу. Метод базується на

дослідженні дефектів котрі викликані наявністю у приладі дефектів різного роду аномалій, які відображаються у реєстрованих фізичних параметрах. За характером аномалій роюляться висновки про наявність дефектів у приладах, їх особливості та причини виникнення.

було проведено дослідження організації контролю якості продукції на підприємстві, основним завданням якого є заобігання випуску підприємством продукції, що не відповідає вимогам стандартів та технічних умов.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ЯКОСТІ

### **2.1 Методи контролю якості**

Контроль якості зародився в 30-х роках минулого століття у зв'язку з промисловим застосуванням контрольних карт, винайдених доктором У.А. Шухартом. Батьківщиною сучасної статистики можна вважати Великобританію, про що свідчить прийняття в 1935

р. британських стандартів серії 600, заснованих на статистичному аналізі Е.С. Пірсона.

У промисловості статистичні методи контролю якості застосовуються вже не перший десяток років. Водночас не можна сказати, що ці методи стали невід'ємною, органічною частиною робіт з поліпшення якості, повсякденним інструментом виявлення причин помилок при виготовленні продукції. Так у чому ж справа? А справа в тому, що пропонувались занадто складні методи, розраховані тільки на інженерно-технічних працівників, використовувався математичну мову, важкий для розуміння простими людьми. В результаті люди почали ставитися до статистичних методів контролю якості як до чогось непомірно важкого і навіть у деякої частини фахівців склалося уявлення про те, що ці методи стали чимось давно віджилим.

Кардинальні зміни настали після того як у Японії після 50-х років минулого сторіччя зрозуміли, що незалежно від того, наскільки хороші британські, американські або інші методи, їх не можна імпортувати в Японію в тому вигляді, як вони є; що для того, щоб домогтися успіхів, потрібно створювати свої методи. Всесвітньо відомий японський фахівець в галузі управління якістю Каору Ісікава вважав: "ми пропонували людям занадто складні методи, тоді як на тому етапі вистачило б і простих". Японці адаптували до реальних умов прості статистичні методи, почерпнуті з літератури, навчили цим методам у спеціально створених гуртках якості весь персонал фірм починаючи від керівників і закінчуючи виробничими робітниками, всіляко заохочували вирішення конкретних проблем,

виникаючих на робочому місці, або самостійно, або за допомогою інших робочих цими методами.

У Японії в 50-х роках були навіть засновані дві премії Демінга: для окремої особи та підприємства. Премія Демінга для окремої особи присуджувалася одному або кільком особам, які сприяли поширенню та розвитку теоретичних принципів статистичних методів контролю якості. Існує кілька різних категорій премії підприємству, але в першу чергу це премія, що присуджується фірмі, яка в даному році добилася винятково великих успіхів у галузі застосування статистичних методів контролю якості. Ці премії є найвищими нагородами в Японії, що відносяться до статистичного контролю якості і комплексного управління якістю.

Уважний розгляд японської практики свідчить про те, що широке впровадження автоматизованих виробничих процесів, робототехніки, гнучких автоматизованих комплексів в принципі неможливо без використання статистичних методів контролю якості. Актуальність цих методів контролю якості не тільки втрачена, але стала ще більш злободенною, ще більш необхідною для сучасного виробництва.

Результат не змусив себе довго чекати. Вже до кінця 70-х років минулого сторіччя Японія стала світовим лідером за якістю таких товарів масового попиту, як автомобілі, телевізори, копіювальна-, фото- та кінотехніка, інтегральні схеми, побутова електроніка. Японські товари і зараз продовжують тіснити на світових ринках американські товари та товари західноєвропейських країн [28].

В даний час за ступенем складності статистичні методи можна поділити на такі три категорії:

I. Елементарні статистичні методи (сім японських інструментів контролю якості);

II. Проміжні статистичні методи;

III. Передові статистичні методи.

Без оволодіння сім'ю простими методами застосування більш складних методів не видається можливим.

## 2.2 Сім японських інструментів контролю якості

До елементарних статистичних методів, за допомогою яких вирішується 95% проблем підприємства, можна віднести: контрольний листок; гістограму; діаграму розкиду; метод розшарування; діаграму Парето; графіки і контрольну карту (рис. 2.1).

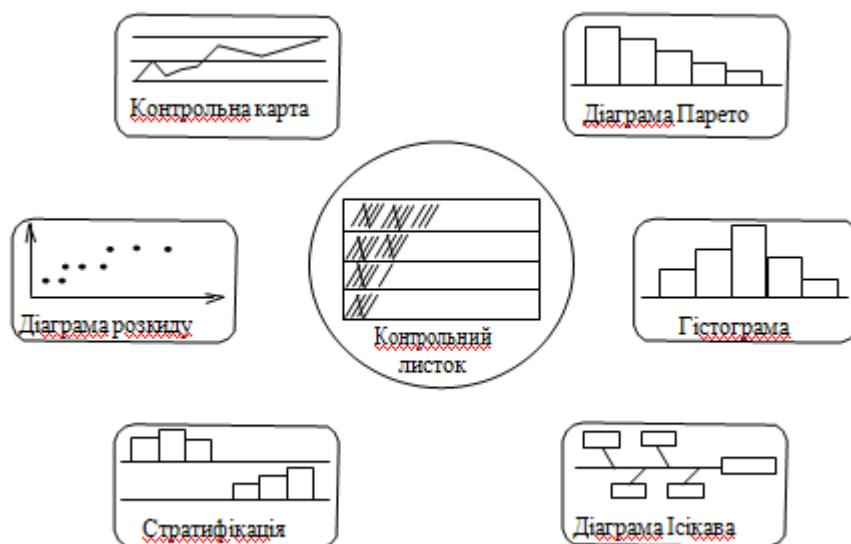


Рис.2.1 Сім інструментів контролю якості

Всі вищевикладені методи повинні застосовуватися всіма без виключення - від голови форми до простого робітника. Ними можуть



користуватися не тільки у виробничому відділі, але і в таких відділах, як відділи планування, маркетингу, матеріально-технічного постачання і технології. Робочі повинні мислити статистичними категоріями, знати про розкид даних і застосовувати їх при визначенні статистичної оцінки, приймати рішення про проведення необхідних заходів і визначати дієві статистичні критерії [29].

### 2.3. Контрольний листок

Контрольний листок (або лист) - інструмент для збору даних і автоматичного їх впорядкування для полегшення подальшого використання зібраної інформації. На (рис.2.2) контрольний листок розташований в центрі семи японських інструментів контролю якості. Тільки після збору вихідних даних можливе застосування будь-якого з шести інших інструментів контролю якості.

Контрольний листок - паперовий бланк, на якому заздалегідь надруковані контрольовані параметри, відповідно до яких можна заносити дані за допомогою позначок або простих символів. При складанні контрольних листків слід звернути увагу на те, щоб було вказано, хто, на якому етапі процесу і протягом якого часу збирав дані, а також щоб форма листка була простою і зрозумілою без додаткових пояснень.

| Дефекти      | Березень |     |         |        | Всього |
|--------------|----------|-----|---------|--------|--------|
|              | 9        | 10  | 11      | 12     |        |
| Неправильний |          |     |         |        |        |
| Розмір       | III I    | III | III III | III II | 26     |
| Контур       | I        | III | III     | II     | 9      |
| Глибина      | III      | I   | I       | I      | 8      |

|                             |     |     |            |     |     |
|-----------------------------|-----|-----|------------|-----|-----|
| Вага                        | ІІІ | ІІІ | ІІІ<br>ІІІ | ІІІ | 26  |
| Величина подачі             | ІІІ | ІІІ | ІІ         | ІІІ | 17  |
| Кількість оборотів шпинделя | ІІІ |     |            | ІІІ | 10  |
| Поверхня                    | ІІ  | ІІІ | І          | І   | 7   |
| Усього                      | 29  | 22  | 25         | 27  | 103 |

Рис.2.2 Контрольний листок

На (рис. 2.2) наводиться зразок заповнення контрольного листка.

Цей контрольний листок відобразив вимір деталі, що виготовляється, протягом 9, 10, 11 і 12 березня. Вимірялися відхилення розмірів, заданого контуру (кривизни), глибини отворів, маси деталі, шорсткість поверхні. Одночасно вимірялися відхилення технологічних вимог до величини подачі різального інструменту і швидкості обертання шпинделя верстату.

На підставі зібраних за допомогою контрольних листка даних легко скласти таблицю сумарних відмов.

## 2.4 Гістограма

Гістограма (Histogram) - інструмент контролю якості, що дозволяє візуально оцінити закон розподілу статистичних даних.

Зазвичай основою для побудови гістограми служить інтервальна таблиця частот, в якій весь діапазон вимірюваних значень випадкової величини розбитий на деяке число інтервалів, і для кожного інтервалу зазначена кількість значень, що потрапили на даний інтервал (частота). Відзначити на осі абсцис максимальне і мінімальне значення випадкової величини і межі інтервалів - точки  $a_1, \dots, a_n$ . Для зручності розрахунків і подальшого аналізу можна

трохи розширити діапазон значень випадкової величини, наприклад, до меж поля допуску. Довжина кожного інтервалу  $h=(a_{n+1}-a_n)/k$ . Над кожним інтервалом побудувати прямокутник висотою  $n/h$  (його площа  $n$ ). Отримана ступінчаста фігура називається гістограмою частот. При цьому площа гістограми частот дорівнює обсягу вибірки  $n$ : Відрізок  $[a, a_n]$  назвемо підставою гістограми. Аналогічно будується і гістограма відносних частот - ступінчаста фігура, що складається з прямокутників, площі яких дорівнюють  $n/h$ , тобто загальна площа гістограми відносних частот дорівнює 1.1). Звичайний тип (симетричний або колоколообразний). Найвища частота виявляється в середині підстави гістограми (і поступово знижується до обох кінців). Форма симетрична (рис. 2.3) [30]. Така гістограма за зовнішнім виглядом наближається до нормальної (гауссовской) кривої, і можна припускати, що жоден з факторів, що впливають на досліджуваний процес, не переважає над іншими.

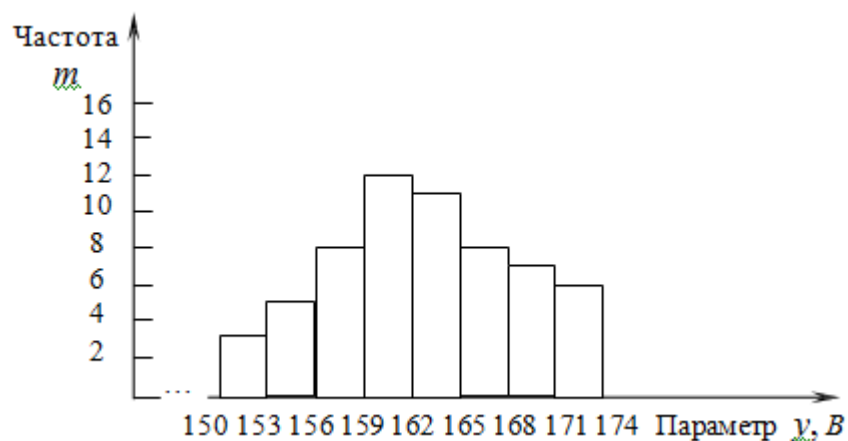


Рис.2.3 Гістограма

Як бачимо, гістограма являє собою стовпчиковий графік. Наносячи на графік допустимі значення параметра можемо визначити, як часто потрапляє цей параметр в допустимий діапазон.

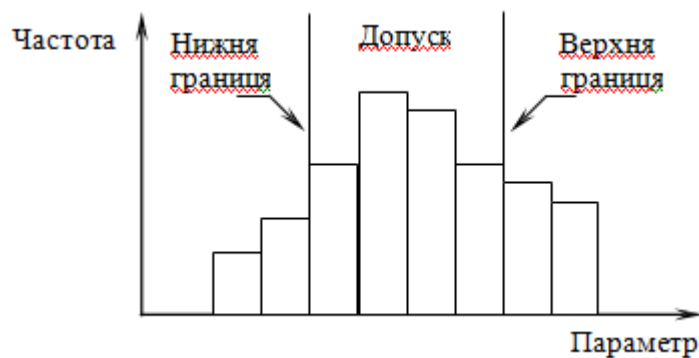


Рис . 2.4 Гістограма з допустимими зонами  
При аналізі отриманих даних застосовують інші методи:

- частку дефектних приладів і втрати за рахунок браку досліджують за допомогою діаграми Парето;
- причини дефектів визначають за допомогою причинно-наслідкової діаграми, методом розшарування і діаграми розсіювання;
- зміна показників в часі визначають за допомогою контрольних карт.

## 2.5 Діаграма розкиду (розсіювання)

Діаграма розкиду (Scatter diagram - кореляційний діаграма ) будується як графік залежності між двома параметрами (змінними). Ці дві змінні можуть відноситися до: а) характеристики якості й впливають на неї факторами; б) двом різним характеристикам якості; в ) двом чинникам, впливаючими на одну характеристику якості [32].

Діаграма розкиду інструмент, що дозволяє визначити вид і тісноту зв'язку між парами  $(x, y)$  відповідних змінних. Якщо на площині координат в якості точок позначимо кожну пару  $(x_i, y_i)$ , отримаємо діаграму розкиду. Деякі типові варіанти скупчень точок наведені на рис.4.5 – 4.10.

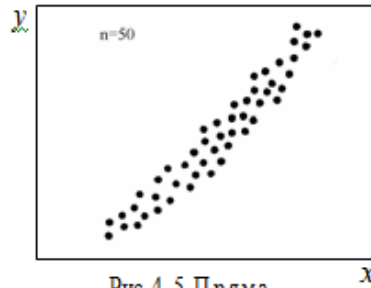


Рис.4.5. Пряма  
кореляція

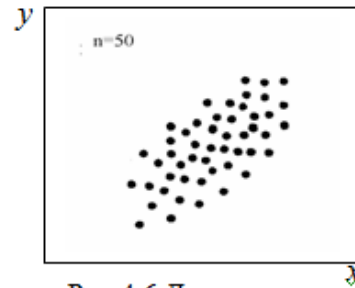


Рис.4.6. Легка пряма  
кореляція

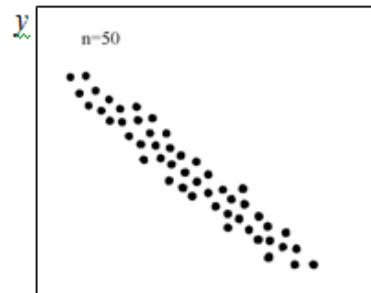


Рис.4.7. Зворотня  
кореляція

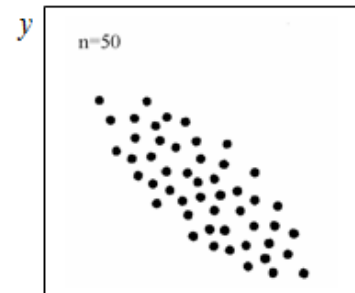


Рис.4.8. Легка  
зворотня кореляція

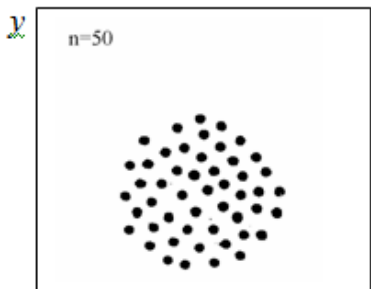


Рис.4.9. Відсутність  
кореляції



Рис.4.10. Легка криво-  
лінійна кореляція

На рис.4.5 чітко проглядається пряма кореляція між  $x$  і  $y$ . У цьому випадку при здійсненні контролю за причинним фактором  $x$  можна управляти значенням параметра  $y$ .

На рис.4.6 наведено також приклад прямої кореляції. При збільшенні  $x$  збільшується також  $y$ , але розкид  $y$  великий по відношенню до певного значення  $x$ . Тому таку кореляцію називають легкою. У цьому випадку за допомогою контролю причинного фактора  $x$  можна до деякої міри тримати під контролем характеристику  $y$ , але необхідно також мати на увазі й інші фактори, що впливають на  $y$ . На рис.4.7 показаний приклад зворотної (негативної) кореляції. При збільшенні  $x$  характеристика  $y$

зменшується. Якщо причинний фактор  $x$  знаходиться під контролем, характеристика  $y$  залишається стабільною.

На рис.4.8 відображено випадок легкої зворотного кореляції, коли при збільшенні  $x$  характеристика  $y$  зменшується, але при цьому великий розкид значень  $y$ , відповідних фіксованими значенням  $x$ .

На рис.4.9 показаний приклад відсутності кореляції, коли ніякої вираженої залежності між  $x$  і  $y$  не спостерігається. У цьому випадку необхідно продовжити пошук факторів, що корелюють з  $y$ , виключивши з цього пошуку фактор  $x$ .

Між параметрами  $x$  і  $y$  можливі також випадки криволінійної кореляції ( рис.4.10 ) . Якщо при цьому діаграму розкиду можна розділити на ділянки, що мають прямолінійний характер, то проводять такий поділ і досліджують кожну ділянку окремо, як прямолінійну кореляцію.

Побудова діаграми розкиду здійснюється в наступній послідовності:

1. Збирають не менше 25-30 пар даних  $(x, y)$ , між якими повинні досліджувати залежність; зібрані дані поміщають в таблицю.

2. Знаходять максимальні і мінімальні значення для  $x$  і  $y$ .

Вибирають шкали на горизонтальній та вертикальній осях так, щоб обидві довжини робочих частин вийшли приблизно однаковими (для полегшення читання діаграми). Якщо одна змінна-фактор, а друга - характеристика якості, то для фактора вибирають горизонтальну вісь  $x$ , а для характеристики якості - вертикальну вісь

у. На кожній осі беруть від 3 до 10 градусів і використовують для полегшення читання круглі числа.

3. На окремому аркуші паперу креслять графік і наносять на нього дані. Якщо в різних спостереженнях виходять однакові значення, покажіть ці точки.

4. Роблять всі необхідні позначення: назва діаграми; інтервал часу; число пар даних; назви і одиниці вимірювання для кожної осі; прізвище (та інше) особи, що будує цю діаграму.

Побудована за цими даними діаграма розкиду приведена на рис.2.5.

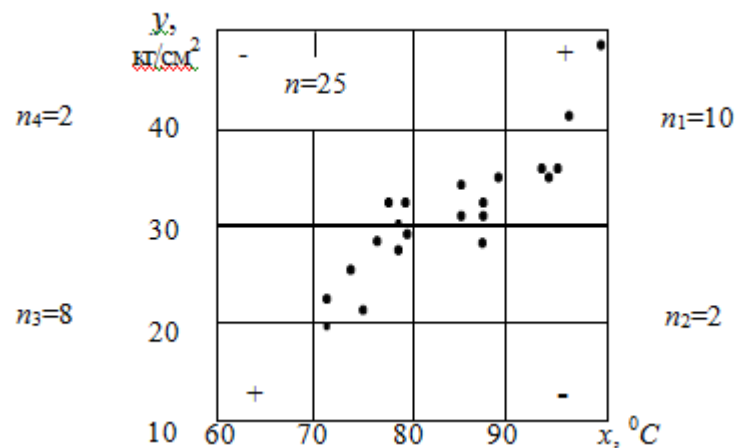


Рис.2.5. Діаграма розкиду

Розділимо діаграму розкиду вертикальної і горизонтальної медіанами, підрахуємо кількість точок, що потрапили в кожний з чотирьох квадратів (без урахування тих точок, по котрим пройшли медіани). Отримаємо  $n_1 = 10$ ,  $n_2 = 1$ ,  $n_3 = 8$ ,  $n_4 = 2$ . Окремо складемо кількість точок в позитивних і негативних квадратах:

$$n(+)=n_1+n_3=10+8=18;$$

$$n(-)=n_2+n_4=1+2=3;$$

$$n'=n(+)+n(-)=18+3=21.$$

З огляду на те, що чотири точки потрапили на медіани, тому  $n'$

не дорівнює  $n = 25$ .

## **2.6 Метод розшаровування**

Метод розшаровування (стратифікації) досліджуваних статистичних даних - інструмент, що дозволяє зробити селекцію даних, яка відображатиме необхідну інформацію про процес. У відповідності з цим методом виконують розшарування (поділ) статистичних даних, тобто групують дані в залежності від умов їх отримання і роблять обробку кожної групи даних окремо. Розділені на групи відповідно до їх особливостей дані називають шарами (стратами), а сам процес поділу на шари (страти) - розшаровуванням (стратифікацією) [34].

Існують різні методи розшаровування, застосування яких залежить від конкретних завдань.

У виробничих процесах часто використовується метод 5М. Він враховує фактори, що залежать: від людини (man), машини (machine), матеріалу (material), методу (method), з вимірювання (measurement). Розшарування здійснюється приміром так: розшарування за виконавцями - по кваліфікації, статі, стажу роботи, і т. д.; розшаровування по машинах і обладнанні - за новим і старим обладнанням, марці, конструкції, що випускає фірма і т. д.; розшаровування по матеріалу - за місцем виробництва, фірми - виробнику, партії, якості сировини і т. д.; розшаровування за способом виробництва - по температурі, технологічному прийому, місцем виробництва і т. д.; розшаровування по вимірюванню - за методом вимірювання, типу засобів вимірювання або їх точності і т. д.



У сервісі для розшаровування використовується метод 5Р. Він враховує фактори, що залежать: від працівників (peoples) сервісу, процедур (procedures) сервісу; споживачів, трудящих фактичними покровителями (patrons) сервісу; місця (place), де здійснюється сервіс і визначається його навколишнє середовище; постачальники, здійснюють постачання (provisions) необхідними ресурсами, що забезпечують виконання сервісу.

При розшаровуванні з того чи іншого фактору (наприклад , за фактором "обладнання") визначається вплив цього фактору (вплив використаного обладнання) на якість приладу, що дає можливість провести необхідні заходи для виключення неприпустимого розкиду.

Приклад . Із замовлених і виготовлених в цеху 1000 валів, 48 виявилися дефектними. Частина замовлення було виконано на новому, а інша частина - на старому обладнанні; частину виконується чоловіками, а частина - жінками; частина замовлення виконується з матеріалу партії А, частина - з матеріалу партії В. Проведемо аналіз причин виникнення дефектної продукції .

Приклад розшаровування по обладнанню наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

| Обладна<br>ння | Виконання замовлення, число випадків |       |          |                       |
|----------------|--------------------------------------|-------|----------|-----------------------|
|                | всього                               | годні | дефектні | Дефектні<br>випадки % |
| Нове           | 600                                  | 582   | 13       | 3,0                   |
|                | 400                                  | 370   | 30       | 7,5                   |
| Старе          | 1000                                 | 952   | 48       |                       |

Результати розшарування по статі приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

| Виконавці | Виконання замовлення, число випадків |       |          |                       |
|-----------|--------------------------------------|-------|----------|-----------------------|
|           | всього                               | годні | дефектні | Дефектні<br>прилади % |
| Чоловіки  | 550                                  | 525   | 25       | 4,5                   |
|           | 450                                  | 427   | 23       | 5,1                   |
| Жінки     | 1000                                 | 952   | 48       |                       |

Результати розшарування по матеріалам приведені в таблиці 2.3

Таблиця 2.3

| Партія матеріалу | Виконання замовлення, число випадків |       |          |                       |
|------------------|--------------------------------------|-------|----------|-----------------------|
|                  | всього                               | годні | дефектні | Дефектні<br>прилади % |
| Партія А         | 300                                  | 274   | 26       | 8,6                   |
| Партія В         | 700                                  | 678   | 22       | 3,1                   |
| Всього           | 1000                                 | 952   | 48       |                       |

Таким чином, аналіз даних за методом розшаровування в розглянутому нами прикладі приводить до висновку, що для вирішення проблеми (зменшення кількості дефектних приладів) слід вжити таких заходів:

1. Не користуватися матеріалом з партії А;
2. Використовувати при виробництві валів нове устаткування.

Що ж стосується статі виконавців, то причиною виникнення браку його вважати не можна.

## 2.7 Діаграма Парето

Діаграма Парето - інструмент, що дозволяє розподілити зусилля для вирішення виникаючих проблем і виявити основні причини, з яких потрібно починати діяти [35]. Розрізняють два види діаграм:

1. Діаграма Парето за результатами діяльності, призначена для виявлення головної проблеми і відбиває наступні небажані результати діяльності:

- з точки зору якості - дефекти, поломки, помилки, відмови, рекламачії, ремонти, повернення продукції;
- з точки зору собівартості - обсяг втрат, витрати;
- з точки зору термінів поставок - брак запасів, помилки у складанні рахунків, зрив термінів поставок;
- з точки зору безпеки - нещасні випадки, помилки, аварії.

2. Діаграма Парето з причин, що відображає причини проблем, що виникають у ході виробництва та використовується для виявлення головної з них, таких як:

- у разі виконавців роботи - зміна, бригада, досвід роботи, кваліфікація, індивідуальні характеристики;
- у разі обладнання - верстати, агрегати, інструменти, оснащення, організація використання, моделі, штампи;
- у разі сировини - виробник сировини, вид сировини, фірма-постачальник, партія;
- у разі методів роботи - умови виробництва, замовлення-наряди, прийоми роботи, послідовність операцій;
- у разі використовуваних засобів вимірювань - точність, повторюваність, стабільність, тип вимірювального приладу (аналоговий або цифровий) і т. д.

Побудова діаграми Парето починають з вибору досліджуваної проблеми (наприклад, проблеми, пов'язані з браком; проблеми, пов'язані з роботою устаткування чи виконавцями і т. д.). Потім

визначають, які дані повинні бути зібрані і як має бути проведена їх класифікація (наприклад, за видами дефектів, за методом їх появи, з технологічних причин, по обладнанню, за методами з вимірювання і використовуваних засобів вимірювання). Якщо вибрано, наприклад, класифікація за видами дефектів, виділяють найбільш часто зустрічаються дефекти (тріщини, подряпини, плями, деформації, розриви, раковини), решта, що не зустрічаються часто, об'єднують під загальним заголовком "інші". Потім проводять збір статистичного матеріалу за кожною ознакою (дефекту). Для цього рекомендується застосовувати контрольний листок, в якому проводиться реєстрація даних (табл. 2.4).

Таблиця 2.4  
Контрольний листок реєстрації даних

| Типи дефектів | Групи даних | Всього |
|---------------|-------------|--------|
| Тріщини       |             | 3      |
| Подряпини     |             | 10     |
| Плями         |             | 2      |
| Деформації    | ■           | 25     |
| Розриви       |             | 1      |
| Раковини      |             | 5      |
| Інші          |             | 4      |
| Всього        |             | 50     |

Після заповнення листка реєстрації даних підраховують підсумки.

Далі для побудови діаграми Парето дані поміщають в спеціальну таблицю, де повинні бути передбачені графи для підсумків по кожній ознаці окремо, накопиченої суми числа дефектів, відсотків до загального підсумку і накопичених відсотків (таблиця 2.5). Отримані по кожному перевіряться ознакою дані вносять у цю таблицю у порядку значимості. Групу "інші" потрібно помістити в

останній рядок незалежно від того, наскільки великим вийшло число - це сукупність неврахованих ознак, числовий результат по кожному з яких менше, ніж найменше значення, отримане для ознаки, виділеного в окремий рядок .

Таблиця 2.5

Таблиця даних для побудови діаграми Парето

| Типи дефектів | Число дефектів | Накопичена сума числа дефектів | Відсоток числа дефектів по накопиченню | Накопичений відсоток |
|---------------|----------------|--------------------------------|--|----------------------|
| Деформації    | 25             | 25                             | 50                                     | 50                   |
| Подряпини     | 10             | 35                             | 20                                     | 70                   |
| Раковини      | 5              | 40                             | 10                                     | 80                   |
| Тріщини       | 3              | 43                             | 6                                      | 86                   |
| Плями         | 2              | 45                             | 4                                      | 90                   |
| Розриви       | 1              | 46                             | 2                                      | 92                   |
| Інші          | 4              | 50                             | 8                                      | 100                  |
| Всього        | 50             | —                              | 100                                    | —                    |

У прямокутній системі координат на горизонтальній осі відміряємо рівні відрізки, відповідні розглядаючим (контрольованим) ознаками. Порядок розташування факторів повинен бути такий, щоб вплив кожного розміщення на горизонтальній осі подальшого фактора зменшувалось в порівнянні з попереднім. Накреслимо дві вертикальні осі. На ліву вертикальну вісь нанесемо шкалу з інтервалами від 0 до числа, відповідного загального підсумку.

На праву вісь нанесемо шкалу з інтервалами від 0 до 100 %. Спочатку за даними другого стовпчика (табл. 2.5) у вигляді стовпчикowego графіка побудуємо гістограму розподілу вкладу дефектів різного типу в сумарна кількість дефектів (див. нижню

частину на рис. 2.6) . Потім за результатами послідовності підсумовування висот стовпчиків цієї гістограми (фактично за даними третього стовпчика таблиці 2.5) отримаємо гістограму накопичених дефектів. Поєднавши відповідні накопиченим суммам точки правих кінців кожного інтервалу відрізками прямих отримаємо кумулятивну криву, яку називають кривою Парето або діаграмою Парето (рис. 2.6).

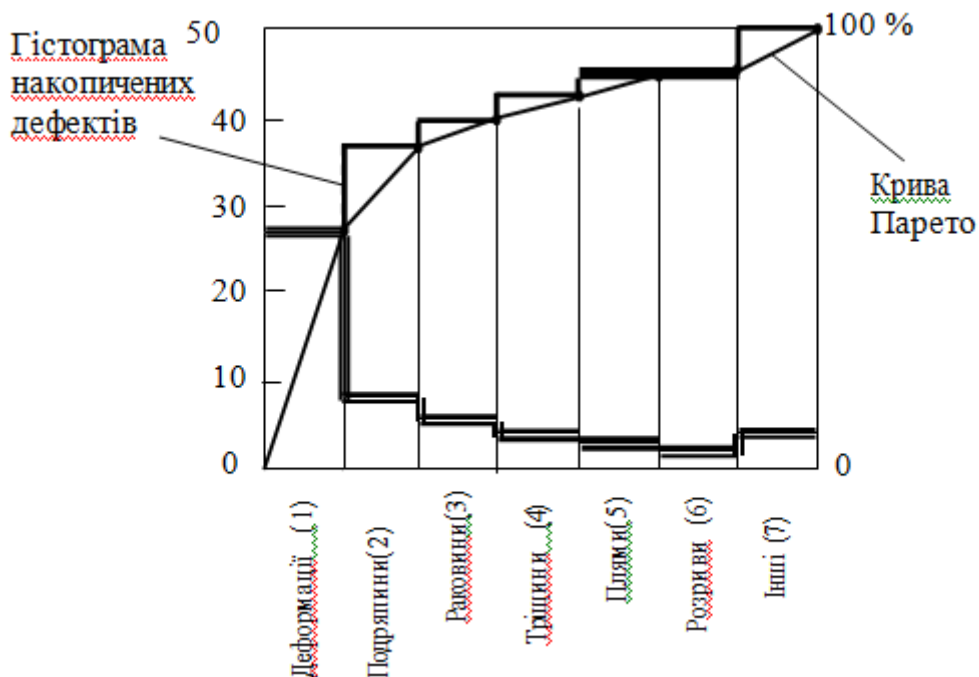


Рис. 2.6 Побудова діаграми Парето

Застосування кумулятивної кривої можливо для обчислення сукупного відсотка втрат, викликаного декількома дефектами.

Для полегшення читання діаграми Парето в деяких випадках не будують гістограму розподілу, а безпосередньо за даними третього стовпчика таблиці 2.5 будують накопичену гістограму і криву Парето (рис.2.7, а); Іноді задовольняються побудовою діаграми розподілу і за даними останнього стовпця таблиці 2.5 будують кумулятивну криву (рис. 2.7, б). У деяких випадках же за даними

останнього стовпця таблиці 2.5 будують тільки кумулятивну криву (рис. 2.7, в).

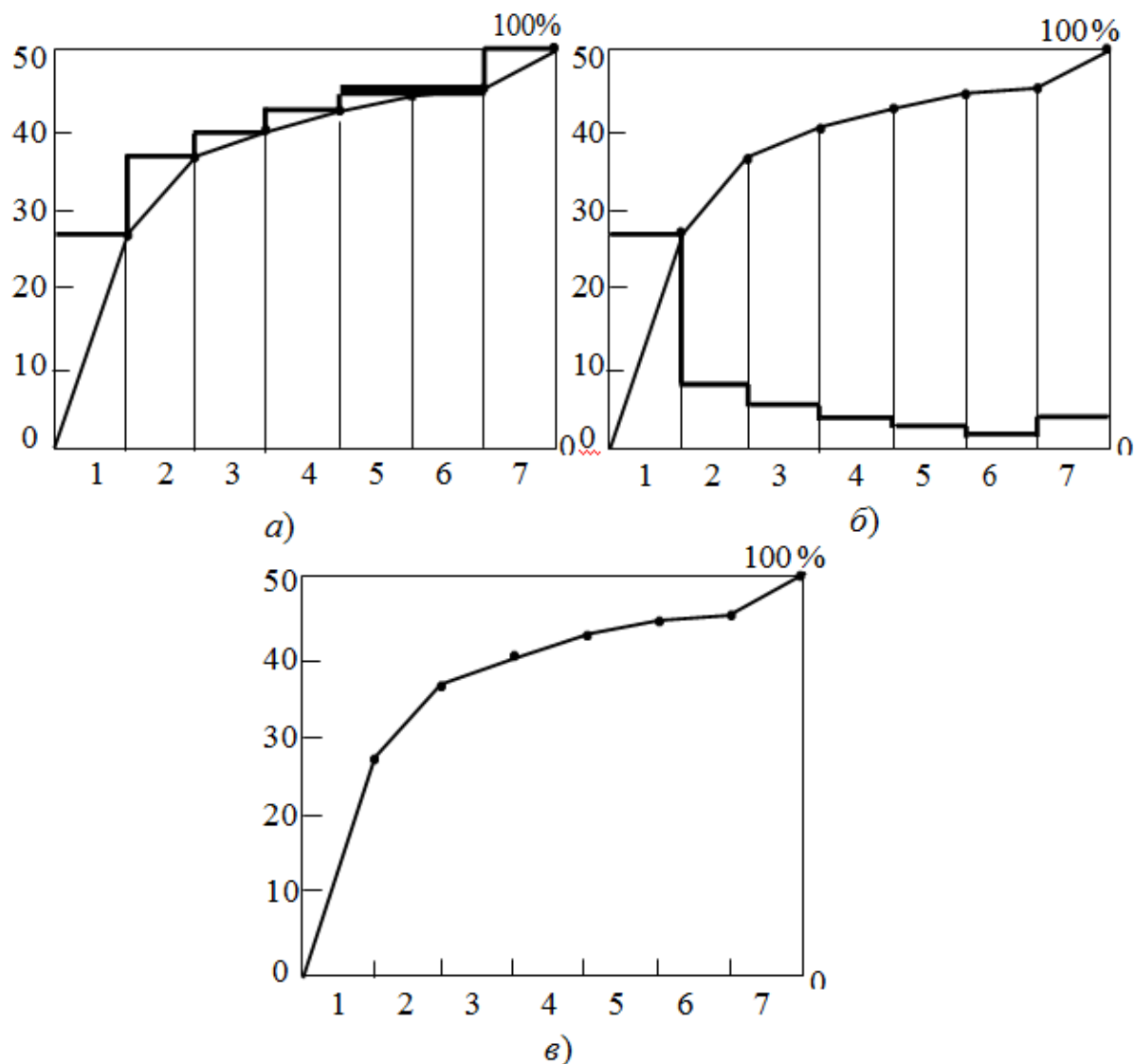


Рис. 2.7 Різні варіанти зображення діаграми Парето

На діаграму Парето повинні бути нанесені всі позначення і написи. До написам, що стосуються діаграми, належать: назва, розмітка числових значень на осях; найменування контролюваного приладу, прізвище укладача діаграми. До написів, що стосуються даних, відносяться: період збору інформації, об'єкт дослідження і місце його проведення, загальне число об'єктів контролю.

Для контролю найважливіших факторів при застосуванні діаграми Парето найбільш поширеним методом є так званий метод АВС-аналізу. Суть цього методу полягає в наступному. Діаграма Парето ділиться на зони (рис.2.8). Групі А (згідно з доктором Джурану життєво

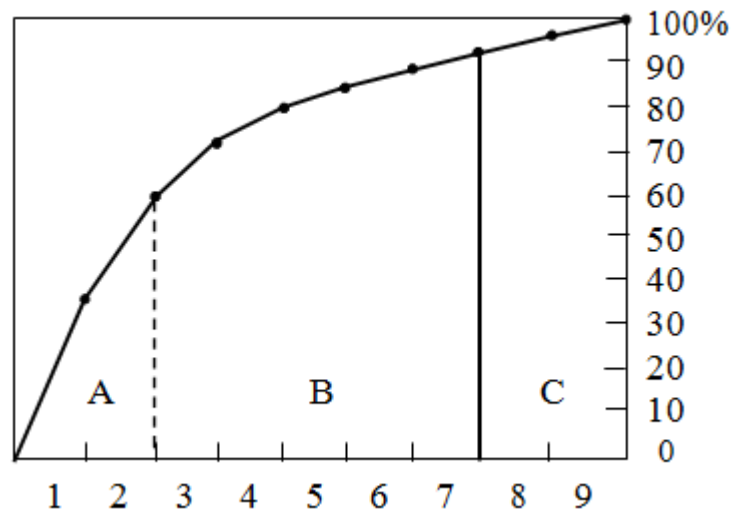


Рис.2.8 Для пояснення АВС-аналізу

важлива зона) відповідають фактори, що вносять найбільший процентний вклад (сумарний внесок приблизно 60 %), групі В - фактори з меншим процентним внеском (сумарний внесок приблизно 30 %), групі С - фактори, маючі істотно менший процентний вклад. Найбільш уважно має бути проаналізовано вплив на якість продукції факторів групи А (іноді груп А і В) і розроблено план поліпшень.

Після виявлення проблеми шляхом побудови діаграми Парето за результатами діяльності важливе визначення причини появи проблеми. Це допоможе вирішити проблему надалі. Тому, якщо ми хочемо поліпшення, необхідно побудувати діаграму Парето з причин. Наприклад, на рис.2.9 показані діаграми Парето: а - на якій розглянемо конкретні деталі; б - на якій відображені причини



виникнення дефектів для деталі першого найменування; в - на якій відображені причини одного конкретного дефекту.

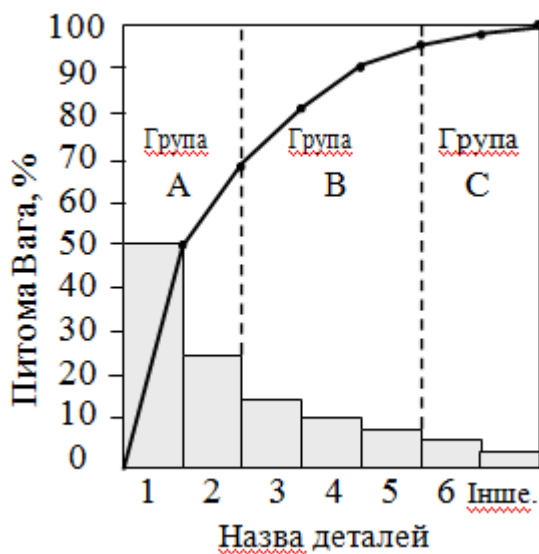


Рис.2.9 Діаграма Парето

Застосування діаграми Парето доцільно разом з причинно-наслідковою діаграмою, так як для вирішення проблеми, пов'язаної з низькою якістю приладів, необхідно усвідомити сутність походження дефекту кожного конкретного виду.

Після проведення коригувальних заходів бажано заново побудувати діаграму Парето для змінених внаслідок корекції умов і перевірити ефективність поліпшення.

## 2.8 Графіки та контрольні карти

### а) Графіки

За допомогою графіків можемо оцінити не тільки стан процесу на даний момент часу, але і прогнозувати окремий результат залежно від тенденцій процесу.

Графік, виражений ламаною (рис. 2.13)

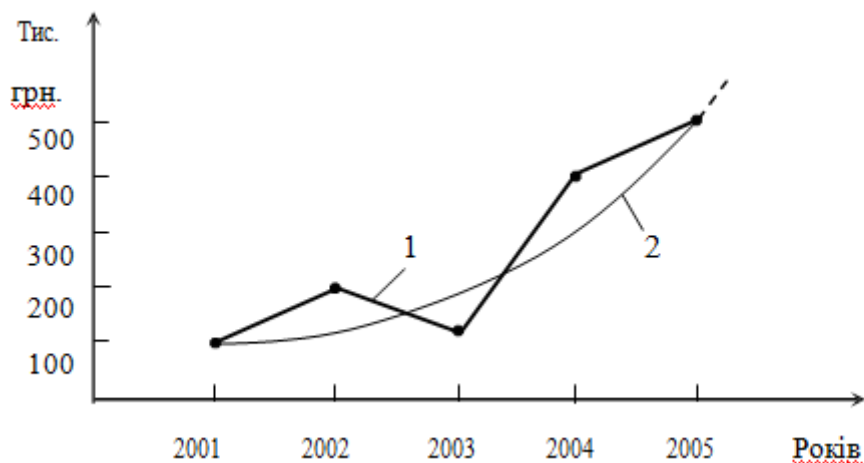


Рис.2.13 Характер зміни прибутку: 1 - реальна ділянка графіка; 2 - відрізок, що відображає тенденцію.

Стовпчиковий графік (рис.2.14) являє собою кількісну залежність, виражену висотою стовпчика, наприклад, сума втрат через брак, викликаного процесом. При побудові стовпчикового графіка по осі ординат відкладають якість, а по осі абсцис - фактори; кожному фактору відповідає стовпчик.

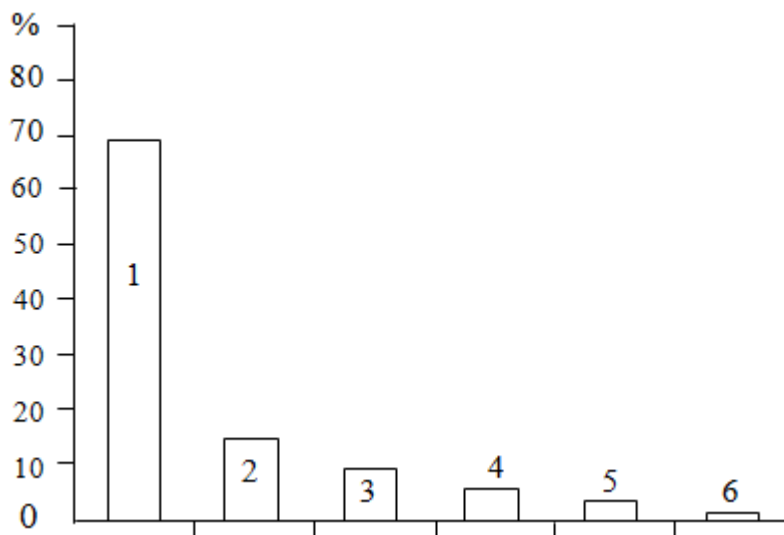


Рис.2.14 Причини втрат клієнтів: 1 - неуважність з боку якогось співробітника фірми (68%); 2 - незадоволеність продукцією (14%); 3 - конкуренція (9%); 4 - вплив друзів (5%); 5 - перехід на нове місце (3%); 6 -смерть (1%).

Круговий графік виражає частину складових якого-небудь цілого параметра (рис.2.15).

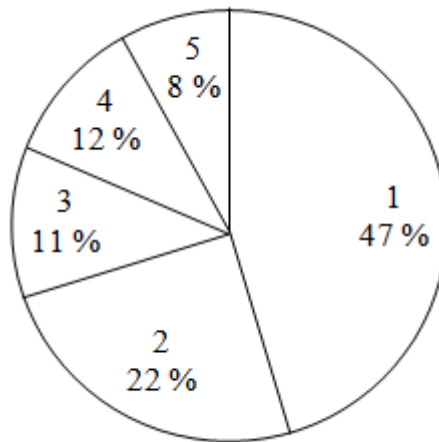


Рис.2.15 Складові продажної ціни приладу: 1 - матеріали; 2 - інші втрати заводу; 3 - прямі трудові витрати; 4 - витрати на забезпечення якості; 5 – прибуток

Стрічковий графік застосовують для чіткого уявлення стану складових якого параметра, а також для вираження зміни цих складових в часі. При його побудові прямокутник графіка ділять на пропорціональні складові зони або залежно від кількісних значень і на всій довжині стрічки позначають ділянки по кожному з факторів залежно від співвідношення складових. Якщо здійснимо систематизацію стрічкового графіка таким чином, щоб стрічки розташувалися послідовно в часі, можливим виявиться оцінка зміни складових в часі [36].

На рис.2.16 наведено приклад стрічкового графіка, відображаючого залежність сумарного прибутку від продажу по окремим видами приладів (розташованих в послідовності убутання їхньої частки в прибутку) і їх зміна по роках.

З графіка видно, що прибуток від продажу приладу С з року в рік зростає. Що ж до прилади А (у 2002 р. його частка становила 36,8 %) і В ( в 2002 р. його частка становила 20,7 %), то їх частка в 2002 році поки ще істотна, але з 1998 року по 2002 рік їх загальна частка в прибутку скоротилася з 75,6 до 57,6 %. Це пояснюється зміною життєвого циклу приладів.

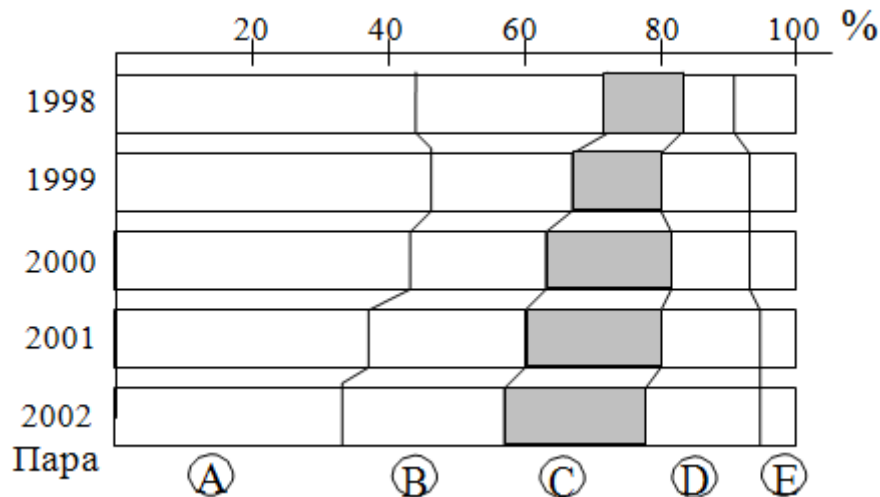


Рис.2.16 Залежність суми прибутку від продажів за окремими видами приладів.

## б) Контрольні карти

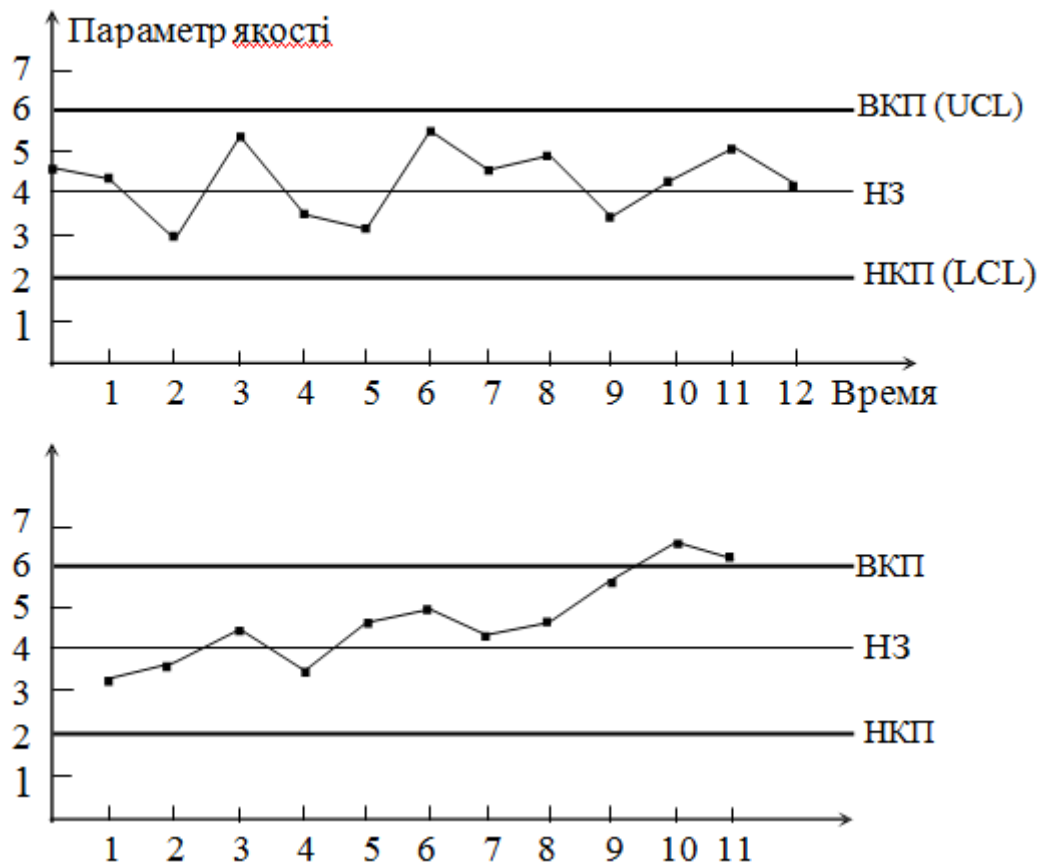
Описані прості і доступні методи контролю якості дають можливість зафіксувати стан процесу в певний момент часу. На відміну від них метод контрольних карт дозволяє відстежувати стан процесу в часі. Він являє собою інструмент оперативного управління, оскільки дає можливість впливати на процес до того, як він вийде з під контролю.

Контрольна карта (Control chart) різновид графіка з контрольними межами (межами), що позначають у звичайних умовах діапазон розкиду показників протягом процесу .

Будь контрольна карта складається зазвичай з трьох ліній. Середня (центральна) лінія являє собою необхідну номінальне (середнє) значення ( $\bar{X}$ ) характеристики контрольованих параметра; дві інші лінії, одна з яких знаходиться над центральною - верхня контрольна межа (ВКП) - ( $UCL$  - Upper Control Level ), а інша під нею - нижня контрольна межа (НКП) - ( $LCL$  - Lower Control Level), являють собою максимально допустимі зміни значень контрольованої характеристики (показника якості). Вісь абсцис зазвичай відповідає часу (рис.2.17, а) або послідовним номерам приладів (виборок) (рис.2.17, б). По осі ординат відкладені значення контрольованого параметра. На рис.2.17 наведено зразки простих контрольних карт для якого-небудь одного умовного параметра якості.

Вихід контрольованої характеристики (показника якості) за контрольні межі свідчать про порушення стабільності процесу, тобто процес не підлягає контролю. У цьому випадку слід проаналізувати причини і провести відповідні заходи.

Контрольна карта є прекрасним засобом для збереження інформації. Вона допомагає в наочному представленні історії якості досліджуваного процесу: хто, коли, на якому обладнанні отримав брак в минулому і наскільки ефективно зміг його виправити. З'явилася підстава для прийняття рішення про зупинку виробництва або його переналадку.



## Висновки по розділу

В данному розділі було розроблено методику проведення статистичного аналізу інформації про якість продукції в процесі виробництва на основі простих інструментів управління якістю. Статистичні методи було поділено за ступенем складності на три основні категорії: елементарні статистичні методи (сім японських інструментів); проміжні статистичні методи; передові статистичні методи. Кожний з цих методів був розглянутий детально і можна зробити висновок, що без оволодіння сім'ю простими методами застосування більш складних не видається можливим.

До елементарних статистичних методів, за допомогою яких вирішується 95% проблем підприємства, можна віднести: контрольний листок; гістограму; діаграму розкиду; метод розшарування; діаграму Парето; графіки і контрольну карту. Цими методами повинен володіти кожний працівник заводу чи фірми, адже, без них неможливий розвиток та не знання їх приведе до неминучого занепаду підприємства.

## **РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ**

### **3.1 Статистичне моделювання систем**

Далеко не завжди можна побудувати аналітичну модель, як функціональну залежність вихідного параметра системи від вхідних параметрів. У цих випадках користуються побудовою статистичних моделей.

Під статистичним моделюванням розуміється відтворення за допомогою електронно-обчислювальних машин (ЕОМ) функціонування вірогіднісної моделі деякого об'єкта.

Статистичні моделі отримали розвиток як метод Монте-Карло. Методами Монте-Карло зазвичай називають методи вирішення різноманітних задач, засновані з моделювання випадкових величин на ЕОМ [27].

Завдання статистичного моделювання полягають у тому, щоб, використовуючи ЕОМ відтворювати поведінку статистичних моделей, встановлюючи зв'язок алгоритмів моделювання з алгоритмами розв'язання задач котельної математики за допомогою методу Монте-Карло і на цій основі будувати зручні в обчислювальному відношенні моделі, що дозволяють отримувати необхідні характеристики об'єкта. Для цього необхідно навчитися :

- За допомогою спеціальних методів і засобів виробляти програми реалізації випадкових чисел;
- За допомогою цих чисел отримувати реалізацію випадкових величин або випадкових процесів з більш складними законами розподілу;
- За допомогою отриманих реалізацій обчислювати значення величин, що характеризують модель, і робити обробку результатів експериментів .

Моделювання випадкових процесів будується на основі базових розподілів випадкових величин .

### **3.2 Метод статистичних випробувань**

Метод статистичних випробувань застосовується для моделювання складних систем, в яких не можливо або не доцільне отримати аналітичні моделі, що описують протікають процеси.



Даний метод також використовується у випадках, коли реальні випробування системи є дорогими або їх не можливо проводити з причин соціального, військового та інших сенсів. Наприклад, необхідно визначити ймовірність попадання ракети в ціль. Для цього необхідно виробити 1000 пусків - це дорого. Тому будують математичний аналог системи, проводять випробування і обробляють отримані результати.

Суть методу полягає в заміні експерименту з реальною системою, експериментом з її математичним аналогом та імітацією роботи системи (імітаційне моделювання).

Метод статистичних випробувань заснований на законах великих чисел, а саме на двох граничних теоремах Чебишева і Бернуллі.

Теорема Чебишева: при необмеженій проведенні дослідів середнє арифметичне  $\bar{y}$  по ймовірності прагне до математичного сподівання  $m_y$ .

$$\lim_{\substack{\varepsilon \rightarrow 0 \\ N \rightarrow \infty}} p[|\bar{y} - m_y| < \varepsilon] = 1, \quad (3.1)$$

де  $\varepsilon > 0$ .

Теорема Бернуллі: при необмеженому збільшенні дослідів частота події  $\bar{q}$  сходиться по ймовірності до його ймовірності  $p$ .

$$\lim_{\substack{\varepsilon \rightarrow 0 \\ N \rightarrow \infty}} p[|\bar{q} - p| < \varepsilon] = 1, \quad (3.2)$$

де  $\varepsilon > 0$ .

Теорема Бернуллі дозволяє визначити ймовірність здійснення деякої події.

Випробування проводяться таким чином. Відома деяка система  $S$  (рисунок 3.1). У кібернетиці - це, як правило, чорний ящик. Система  $S$  має безліч входів  $X$  і один вихід  $Y$ .

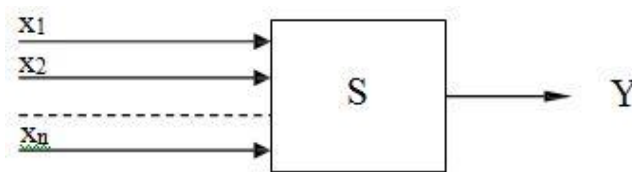


Рис. 3.1– Система  $S$

Безліч входів  $x_1..x_n$ - випадкові величини. Про кожну випадкову величиною відомо:

- функція розподілу;
- математичне сподівання і дисперсія розподілу.

Нас цікавить вихідна величина  $Y$ , яка не відома, але ми знаємо, що вихідна величина  $Y$  якимось чином залежить від вхідних параметрів  $X$ , проте самі функціональні залежності нам невідомі.

Щоб побудувати математичний аналог системи, треба розробити алгоритм функціонування системи. Систему представляють як сукупність взаємопов'язаних підсистем, на вхід яких надходять величин  $x_1..x_n$ , що розподілені за певним законом. Ці випадкові величини повинні пройти певну кількість блоків, щоб потрапити на вихід системи. Процес моделювання полягає в багаторазовому повторенні дослідів над системою. Результат отримуємо наступним чином.

1. Кожна випадкова величина отримує деякий випадкове значення і тоді, вихідна величина  $Y$  приймає також певне випадкове значення:

$$Y_1 = f(x_1^1, x_2^1, \dots, x_n^1).$$

2. Далі все повторюється, і ми отримуємо:

$$Y_2 = f(x_1^2, x_2^2, \dots, x_n^2).$$

...

$N$  Отримуємо останнє випадкове значення вихідної величини:

$$Y_N = f(x_1^N, x_2^N, \dots, x_n^N).$$

Результат моделювання отримуємо як середнє значення випадкових величин на виході системи:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N}. \quad (3.3)$$

Причому, при  $N \rightarrow \infty$  середнє значення (випадкова величина)  $\bar{y}$  сходиться по ймовірності до її математичного очікування  $m_y$  згідно граничній теоремі Чебишева.

Таким чином, моделювання містить три етапи:

1. Розробка і введення в ЕОМ моделюючого алгоритму.
2. Генерування вхідних випадкових величин із заданими функціями і параметрами розподілу і багаторазове повторення дослідів.

3. Статистична обробка результатів моделювання.

### **3.3 Формування випадкових величин з заданим законами розподілу**

Існують різні методи «породжувати» випадкові величини з допомогою ЕОМ.

Наприклад, метод зворотних функцій, метод суперпозиції.

Важливо зрозуміти, що для отримання значень випадкових величин з довільною функцією розподілу достатньо вміти знаходити значення якої-небудь однієї «стандартної» випадкової величини, оскільки завжди можна підібрати таку функцію від цієї випадкової величини, яка мала б необхідний закон розподілу. В якості такої випадкової величини зазвичай беруть випадкову величину  $R$ , що має рівномірний розподіл на відрізку  $[0,1]$ . Формування випадкових величин із заданим законом розподілу будемо здійснювати методом зворотного перетворення. Сформулюємо правила методу зворотних функцій.

*Правило 1.* Для того щоб розіграти можливе значення  $x_i$  безперервної випадкової величини  $X$ , знаючи її функцію розподілу  $F(x)$ , треба обрати випадкове число  $r_i$ , прирівнюючи його функції розподілу і розв'язати відповідно до  $x_i$  отримане рівняння  $F(x_i) = r_i$ .

Якщо відома щільність ймовірності  $f(x)$ , то використовують правило 2.

*Правило 2.* Для того щоб розіграти можливе значення  $x_i$  безперервної випадкової величини  $X$ , знаючи її щільність ймовірності  $f(x)$ , треба вибрати випадкове число  $r_i$  і вирішити відносно  $x_i$  рівняння:

$$\int_{-\infty}^{x_i} f(x) dx = r_i,$$

або

$$\int_a^{x_i} f(x)dx = r_i,$$

де  $a$  – найменше кінцеве можливе значення  $X$ .

Розглянемо більш детально даний метод. Необхідно сформулювати випадкову величину  $X$ , для якої задана функція розподілу:

$$F(x) = p(X < x) = p(-\infty < X < x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx. \quad (3.4)$$

Інтегральна функція  $F(x)$  змінюється від 0 до 1. Прирівнявши функцію  $F(x) = R$  можна шляхом зворотного перетворення побудувати величину  $x = F^{-1}(R)$ , яка буде відповідати заданій функції. Побудуємо графік зворотного перетворення для рівномірного закону розподілу (рис. 3.2).

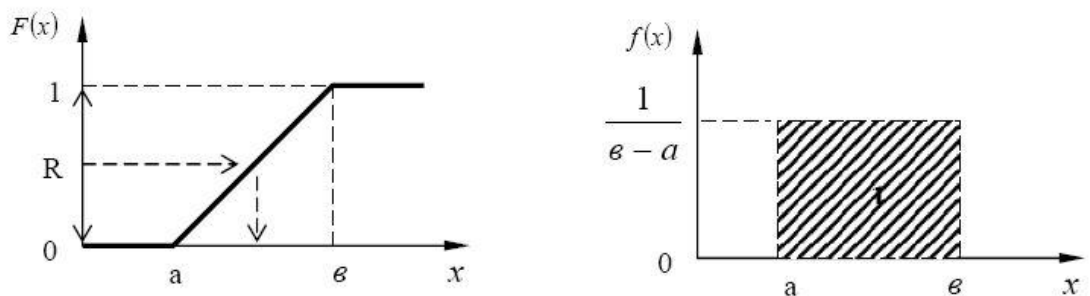


Рис. 3.2 – Зворотне перетворення

Формуємо випадкову величину  $R$  в інтервалі від 0 до 1 і шляхом зворотного перетворення опиняємося в інтервалі  $[a, b]$ .

Визначимо аналітичні вирази для здійснення зворотного перетворення.

1. Формування випадкового числа по рівномірному закону.

Щільність розподілу для рівномірного закону має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{b-a}, \quad (3.5)$$

де  $x$  – приймає будь-яке значення від  $a$  до  $b$ .

Запишемо інтегральний закон розподілу:

$$\begin{aligned} F(x) &= \int_{-\infty}^x \frac{1}{b-a} dx \\ &= \int_{-\infty}^a \frac{1}{b-a} dx + \int_a^x \frac{1}{b-a} dx = 0 + \frac{1}{b-a} \int_a^x dx = \frac{x-a}{b-a}. \end{aligned}$$

Прирівнюємо  $F(x)$  до значення  $R$  і вирішивши рівняння відносно  $x$ , отримуємо

$$\frac{x-a}{b-a} = R, \quad (3.7)$$

$$x = a + R(b-a).$$

В рівнянні (3.7) величина  $x$  рівномірно розподілена в інтервалі від  $a$  до  $b$  відповідно до заданої функції (3.5).

2. Формування випадкового числа по експоненціальному закону.

Щільність розподілення для експоненціального закону має вид (рис. 3.3).

$$f(x) = \lambda \cdot l^{-\lambda \cdot x}, 0 \leq x \leq \infty. \quad (3.8)$$

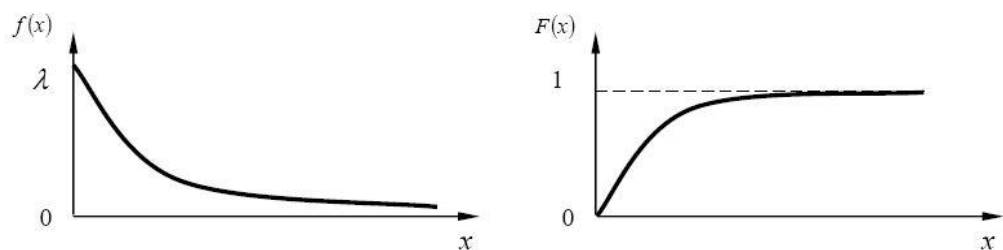


Рис. 3.3 – Експоненціальний закон розподілу

Інтегральна функція:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \lambda \cdot l^{-\lambda \cdot x} = \int_{-\infty}^0 \lambda \cdot l^{-\lambda \cdot x} + \int_0^x \lambda \cdot l^{-\lambda \cdot x} = 0 + 1 - l^{-\lambda \cdot x}. \quad (3.9)$$

Прирівнюємо отриманий вираз  $R$  і розв'язуємо отриманий вираз відносно  $x$ .

$$1 - l^{-\lambda \cdot x} = R \quad (3.10)$$

$$l^{-\lambda \cdot x} = 1 - R$$

Логарифмуємо ліву та праву частини, отримуємо наступний вираз:

$$\begin{aligned} -\lambda x &= \ln(1 - R), \\ x &= -\frac{1}{\lambda} \ln(1 - R) = \frac{1}{\lambda} \frac{1}{1-R}. \end{aligned} \quad (3.11)$$

Якщо сформувати випадкове число  $R$  і за формулою (3.11) визначити  $x$ , тоді розраховане значення буде розподілено по експоненціальному закону із заданою інтенсивністю  $\lambda$ .

### 3. Формування випадкового числа за нормальним законом.

Згідно центральній граничній теоремі Ляпунова закон розподілення суми  $m$  незалежних випадкових величин, що мають один і той же довільний закон розподілу при незворотному збільшенні числа доданків  $m$ , наближається до нормального закону.

При сумі двох рівномірно розподілених випадкових величин в інтервалі  $[a, b]$  отримуємо трикутний розподіл на інтервалі  $[2a, 2b]$ .

При сумі трьох випадково розподілених величин інтервалі  $[a, b]$  отримуємо розподіл в інтервалі  $[3a, 3b]$ , що наближається до нормального закону розподілу (рис. 3.4).

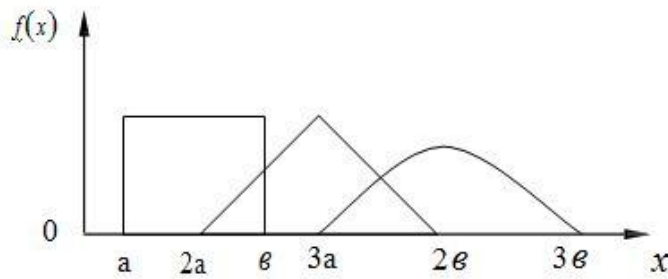


Рис. 3.4. – Композиція випадкових величин

Сума  $m$  рівномірно розподілених в інтервалі від  $a$  до  $b$  незалежних випадкових величин прагне до нормального розподілу.

Математичне очікування і дисперсія для суми рівномірних законів на інтервалі  $[a, b]$  має вигляд:

$$M(x) = \frac{m(a+b)}{2}, \sigma^2(x) = \frac{m(b-a)^2}{12}. \quad (3.12)$$

Якщо вибрати інтервал  $[0, 1]$ , то математичне очікування і дисперсія будуть оцінюватися за залежностями:

$$(R) = \frac{m}{2}, \sigma^2(xR) = \frac{m}{12}. \quad (3.13)$$

Щоб отримати послідовність нормально розподілених випадкових величин з заданими  $M(x)$  та  $D(x)$  ми повинні використовувати величину  $z_i$ , яка бути нормально розподіленою випадковою величиною, з параметрами  $N(0, 1)$ . Тоді випадкова величина  $x_i$ , буде визначатися за формулою:

$$x_i = M(x) + \sigma(x) \cdot z_i.$$

Нехай  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m$  – незалежні випадкові величини, рівномірно розподілені на відріжку  $[0, 1]$ , з  $M(\xi_i) = 0.5$ ;  $\sigma^2(\xi_i) = \frac{1}{12}$ . Додамо незалежні випадкові величини:

$$\sum_{i=1}^m \xi_i = \frac{m}{2} + \sqrt{\frac{m}{12}} z_i, \quad (3.14)$$



звідси нормована величина матиме вигляд:

$$z_i = \sqrt{\frac{12}{m}} \left( \sum_{i=1}^m \xi_i - \frac{m}{2} \right), \quad (3.15)$$

де  $m$  – кількість реалізації.

При  $m \rightarrow \infty$  випадкова величина  $z_i$  прямує до стандартної нормально розподіленої випадкової величиною з нульовим математичним очікуванням і дисперсією, що дорівнює 1. На практиці зазвичай беруть  $m = 12$ , тому:

$$z_i = \sum_{i=1}^{12} \xi_i - 6. \quad (3.16)$$

Таким чином, моделювання випадкової величини  $\chi = N(a, \sigma)$  має нормальний розподіл з параметрами  $a$  і  $\sigma$ , що засновано на використанні залежності:

$$x_i = a + \sigma \cdot z_i, \quad (3.17)$$

де  $z_i = N(0,1)$ .

### **3.4 Наближений спосіб формування випадкової величини з довільною функцією розподілу**

Випадкова величина може бути задана дискретно. У цьому випадку інтеграл від закону розподілу не береться.

1. Спосіб формування випадкової дискретної величини. Припустимо, що випадкова величина  $x$  приймає наступні значення:

$$x = \left\{ \begin{matrix} x_1; & x_2; \dots; & x_n; \\ p_1; & p_2; \dots; & p_n \end{matrix} \right\}.$$

Умова нормування:  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ .

Для реалізації дискретного розподілу береться відрізок одиничної довжини і розбивається на інтервали:

$$y_1 = p_1;$$

$$y_2 = p_1 + p_2;$$

...

$$y_n = \sum_{i=1}^n p_i = 1.$$

Довжина відрізків пропорційна ймовірності. Тоді ймовірність того, що випадкова величина прийме випадкове значення від  $a$  до  $b$ :

$$p(a, x, b) = \int_a^b f(x) dx = b - a,$$

за умови, що всередині кожного інтервалу щільність розподілу дорівнює одиниці.

Ймовірність того, що  $x$  прийме значення від  $y_{i-1}$  до  $y_i$ , буде рівне

$$\begin{aligned} p(y_{i-1} < x < y_i) &= y_i - y_{i-1} \\ &= p_1 + p_2 + \dots + p_i - p_1 - p_2 - \dots - p_{i-1} = p_i, \end{aligned}$$

тобто, рівне довжині інтервалу  $y_i - y_{i-1}$  або ймовірності.

Формулюємо випадкову величину  $R$ , рівномірно розподілену на інтервалі  $[0,1]$ . Визначаємо в який інтервал потрапить  $R$ , потім по інтервалу визначаємо ймовірність і присвоюємо їй значення, яке визначено вихідними даними (рис. 3.5).



Рис. 3.5 – Розподіл ймовірності на інтервалі  $[0,1]$

Всі точки в інтервалі  $p_1$  прийматимуть значення  $x_1$ . Таким чином, можна формувати будь-який дискретний розподіл.

2. Спосіб формування випадкової величини  $x$ , що задана безперервною функцією.

Припустимо, безперервна функція розподілу може бути отримана дослідним шляхом, а аналітично описати її не є можливим або результат опису дослідного розподілу не задовольняє дослідника. У цьому випадку використовують даний спосіб.

На першому етапі визначаємо інтервал зміни випадкової величини від  $x_{min}$  до  $x_{max}$ . Весь інтервал зміни випадкової величини ділиться на  $n$  рівних інтервалів  $\Delta x$  (рис. 3.6).

$$\Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{n}.$$

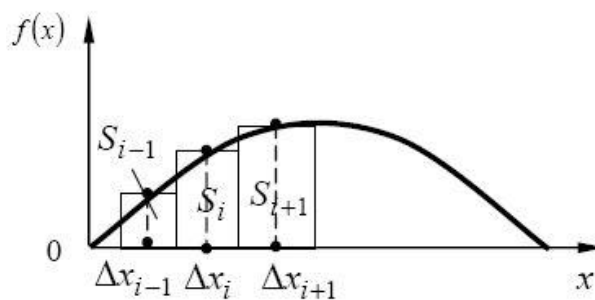


Рис. 3.6 – Довільний закон розподілу

На кожному інтервалі будуюмо криволінійну трапецію, основою якої є  $\Delta x$ , а верхня частина крива функції. У зв'язку з тим, що  $\Delta x \rightarrow 0$ , тоді площа криволінійної  $i$ -ої трапеції визначається виразом:

$$S_i = \Delta x \cdot \frac{f_i(x) + f_{i-1}(x)}{2}. \quad (3.22)$$

На кожному інтервалі будуюмо прямокутник, площа якого еквівалентна площі елементарної криволінійної трапеції. Висота прямокутника дорівнює

$$H_i = \frac{S_i}{\Delta x}.$$

Тепер необхідно нормувати

Всю площину під кривою за умови, що:

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x) dx = 1. \quad (3.23)$$

Сума всіх площ:

$$S = \sum_{i=1}^n S_i.$$

Нормалізацію проводимо в залежності:

$$\sum_{i=1}^n \Omega_i = 1.$$

Одиничний інтервал  $[0,1]$  розбиваємо на інтервали , що відповідні нормованим площам  $\Omega_i$ . Імовірність того, що випадкова величина  $x$  потрапить в інтервал  $p(y_{i-1} < x < y_i) = \Omega_i$ .

Усередині кожного інтервалу випадкова величина буде розподілена

рівномірно за умови , що  $\Delta x \rightarrow 0$ .

Формування випадкової величини по заданому закону відбувається наступним чином:

1. Генерується випадкова величина  $R$ , визначає інтервал  $i$ , в якому набуває значення формована випадкова величина.

2. Виробляється вторинне генерування випадкової величини  $R$ . Враховуючи, що всередині кожного інтервалу випадкова величина розподілена рівномірно, то за формулою рівномірного розподілу отримаємо:

$$x = x_{i-1} + (x_i - x_{i-1}) \cdot R.$$

### 3.5 Основні поняття марківських процесів

Марківські випадкові процеси названі по імені видатного російського математика А.А. Маркова (1856-1922), вперше почав вивчення ймовірнісної зв'язку випадкових величин і створив теорію, яку можна назвати "динамікою ймовірностей". Надалі основи цієї теорії з'явилися вихідною базою загальної теорії випадкових процесів, а також таких важливих прикладних наук, як теорія дифузійних процесів, теорія надійності, теорія масового обслуговування і т.д. В даний час теорія марківських процесів та її застосування широко застосовуються в самих різних областях таких наук, як механіка, фізика, хімія та інші.

Завдяки порівняльній простоті і наочності математичного апарату, високої достовірності і точності одержуваних рішень особливу увагу марківські процеси набули у фахівців, що займаються дослідженням операцій і теорією прийняття оптимальних рішень.

Незважаючи на зазначену вище простоту і наочність, практичне застосування теорії марківських ланцюгів вимагає знання деяких термінів і основних положень, на яких слід зупинитися.

Марківські випадкові процеси відносяться до окремих випадків випадкових процесів (ВП). У свою чергу, випадкові процеси засновані на понятті випадкової функції (ВФ).

Випадковою функцією називається функція, значення якої при будь-якому значенні аргументу є випадковою величиною (ВВ). По-іншому, ВФ можна назвати функцію, яка при кожному випробуванні приймає будь-який заздалегідь невідомий вид.

Такими прикладами ВФ є: коливання напруги в електричному ланцюзі, швидкість руху автомобіля на ділянці дороги з обмеженням швидкості, шорсткість поверхні деталі на певній ділянці і так далі.

Як правило, вважають, що якщо аргументом ВФ є час, то процес, заснований на такій функції, називають випадковим. Існує й інше, більш близьке до теорії прийняття рішень, визначення ВП. При цьому під випадковим процесом розуміють процес випадкового зміни з станів якої фізичної чи технічної системи за часом або якого-небудь іншому аргументу .

Неважко помітити , що якщо позначити стан  $S_i$  і зобразити залежність  $S_i(t)$ , то така залежність і буде випадковою функцією .

ВП класифікуються за видами станів  $S_i$  і аргументу  $t$ . при цьому ВП можуть бути з дискретними або безперервними станами або часом. Наприклад, будь-який вибірковий контроль продукції буде ставитися до ВП з дискретними станами (  $S_1$ - придатна,  $S_2$  - непридатна продукція) і дискретним часом (  $t_1, t_2$  – часи перевірки). З іншого боку , випадок відмови будь-якої машини можна віднести до ВП з дискретними станами, але безперервним часом. Перевірки термометра через певний час будуть ставитися до ВП з безперервним станом і дискретним часом. У свою чергу, наприклад будь-яка осцилограма, буде записом ВП з безперервними станами і часом.

Крім зазначених вище прикладів класифікації ВП існує ще одна важлива властивість. Ця властивість описує імовірнісний зв'язок між станами ВП. Так, наприклад, якщо в ВП ймовірність переходу системи в кожний наступний стан залежить тільки від

попереднього стану, то такий процес називається процесом без післядії (рис 3.7).

Залежність  $P_{i/i+1} = f(S_i)$  називають перехідною ймовірністю, часто кажуть, що саме процес без післядії володіє марківською властивістю, проте, строго кажучи, тут є одна неточність. Справа в тому, що можна уявити собі ВП, в якому ймовірнісний зв'язок існує не тільки з попередніми, але і більш ранніми ( $S_{i-1}, S_{i-2}, \dots$ ) станами.

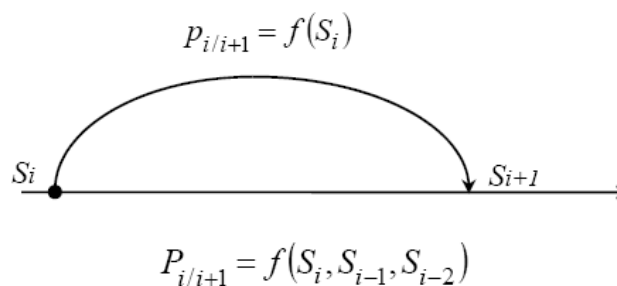


Рис.3.7 – Схема процесу без наслідків

Такі процеси також розглядалися А.А. Марковим, який запропонував називати їх на відміну від першого випадку (простого ланцюга) - складним ланцюгом. В даний час теорія таких ланцюгів розроблена слабо і зазвичай застосовують так званий процес укрупнення станів, шляхом математичних перетворень, об'єднуючи попередні стани в одне [41].

Ця обставина має обов'язково враховуватися при складанні математичних моделей прийняття рішень.

Зупинимося докладніше на понятті "марківського ланцюга". Відзначимо, по-перше, що випадковий процес з дискретними станами і часом називається випадковою послідовністю.

Якщо випадкова послідовність володіє марківською властивістю, то вона називається ланцюгом Маркова.

З іншого боку, якщо у випадковому процесі стани дискретні, час безперервно і властивість післядії зберігається, то такий випадковий процес називається марківським процесом з безперервним часом.

Ще однією умовою опису моделі є вимога, щоб ймовірності переходів зі стану в стан підпорядковувалися експоненціальному закону, тобто перехід зі стану в стан представляє собою пуассонівський потік.

Розрізняють марківські системи за кількістю станів, у яких перебуває система: системи з кінцевим станом і системи з безкінечним станом.

Марківський ВП називається однорідним, якщо перехідні ймовірності  $P_{i/i+1}$  залишаються постійними в ході процесу і не залежить від номера випробування.

Модель марківського ланцюга може бути представлена у вигляді орієнтовно зваженого графа (рис 3.8).

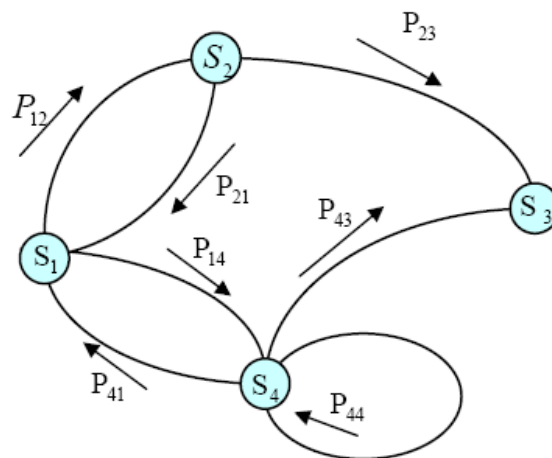


Рис. 3.8 –  
зважений граф

Орієнтовний

Вершини графа позначають стан  $S_i$ , а дуги - перехідні ймовірності.



Безліч станів системи марківського ланцюга, певним чином класифікується з урахуванням подальшої поведінки системи.

Безповоротна множина (рис. 3.9).

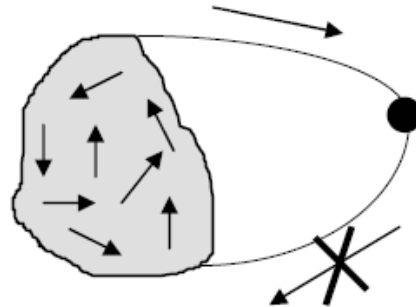


Рис. 3.9 –

Безповоротна

множина

У разі безповоротної множини можливі будь-які переходи усередині цієї множини. Система може покинути цю множину, але не може повернутися в нього.

Поворотна множина (рис. 3.10).

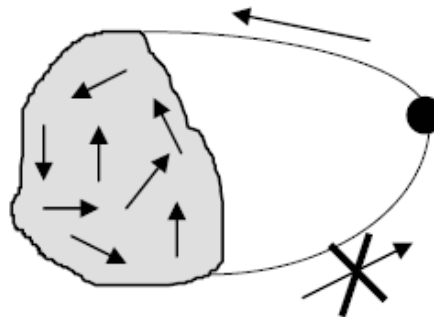


Рис. 3.10 –

Поворотна

множина

У цьому випадку також можливі будь-які переходи усередині множини.

Система може увійти в цю множину, але не може покинути її.

Ергодична множина (рис. 3.11).

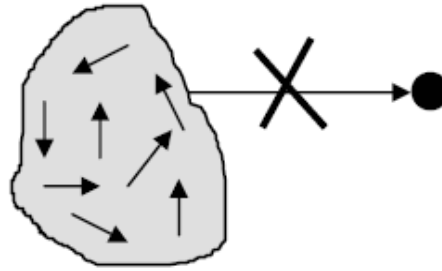


Рис. 3.11 –

Ергодична

множина

У разі ергодичної множини можливі будь-які переходи всередині множини, але виключено переходи з множини і в нього.

Поглинаюча множина (рис. 3.12)

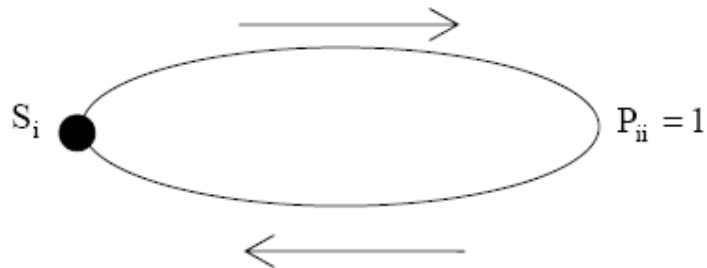


Рис. 3.12 – Поглинаюча множина

При попаданні системи в цю множину процес закінчується. Крім описаної вище класифікації множин розрізняють стани системи:

а) істотний стан (рис. 3.13): можливі переходи з  $S_i$  в  $S_j$  і

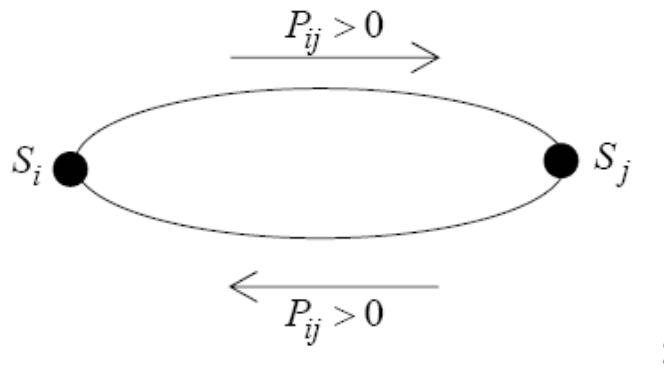


Рис. 3.13 – Істотний стан

б) неістотний стан (рис. 1.14): можливий перехід з  $S_i$  в  $S_j$ , але неможливий зворотній;

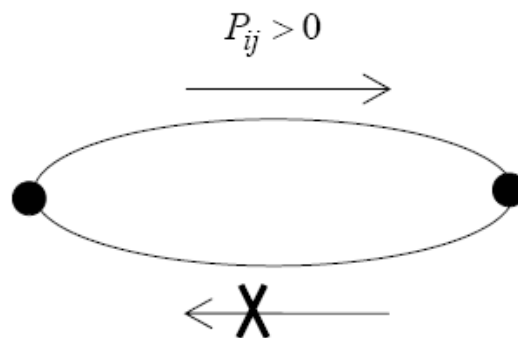


Рис. 3.14 – Неістотний стан

У деяких випадках, незважаючи на випадковість процесу, є можливість до певної міри керувати законами розподілу або параметрами перехідних ймовірностей. Такі марківські ланцюги називаються керованими. Очевидно, що за допомогою керованих ланцюгів Маркова (КЛМ) особливо ефективним стає процес прийняття рішень.

Основною ознакою дискретного марківського ланцюга (ДМЛ) є детермінованість тимчасових інтервалів між окремими кроками (етапами) процесу. Однак часто в реальних процесах ця властивість не зберігається та інтервали виявляються випадковими з яким-

небудь законом розподілу, хоча марковість процесу зберігається. Такі випадкові послідовності називаються напівмарківськими [41].

Крім того, з урахуванням наявності і відсутності тих чи інших, згаданих вище, множин станів марківських ланцюгів можуть бути поглинаючими, якщо є хоча б один поглинаючий стан, або ергодичний, якщо перехідні ймовірності утворюють ергодичну множину.

У свою чергу, ергодичні ланцюги можуть бути регулярними або циклічними. Циклічні ланцюги відрізняються від регулярних тим, що в процесі переходів через певну кількість кроків (циклів) відбувається повернення в будь-який стан. Регулярні ланцюги цією властивістю не володіють. Якщо підсумувати всі вищесказані визначення, то можна дати наступну класифікацію марківських процесів (рис. 3.15):

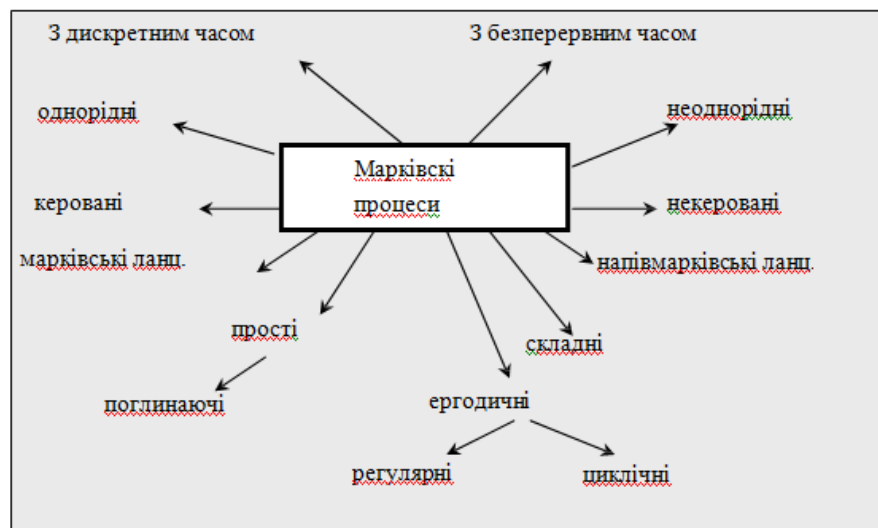


Рис. 3.15 – Класифікація марківських процесів

## Висновки по розділу

В данному розділі було проведено теоретичні дослідження методів математичної статистики та розроблено математичну модель з точки зору ступеня впливу на якість кінцевого продукту.

Завдання статистичного моделювання полягають у тому, щоб, використовуючи ЕОМ відтворювати поведінку статистичних моделей, встановлюючи зв'язок алгоритмів моделювання з алгоритмами розв'язання задач котельної математики за допомогою методу Монте-Карло і на цій основі будувати зручні в обчислювальному відношенні моделі, що дозволяють отримувати необхідні характеристики об'єкта. Суть методу полягає в заміні експерименту з реальною системою, експериментом з її математичним аналогом та імітацією роботи системи (імітаційне моделювання). Метод статистичних випробувань заснований на законах великих чисел, а саме на двох граничних теоремах Чебишева і Бернуллі.

В результаті дослідження було з'ясовано, що моделювання містить три етапи:

1. Розробка і введення в ЕОМ моделюючого алгоритму.
2. Генерування вхідних випадкових величин із заданими функціями і параметрами розподілу і багаторазове повторення дослідів. Генерування випадкової величини по заданому закону відбувається наступним чином: генерується випадкова величина, та визначається інтервал в якому набуває значення формована випадкова величина; на другому етапі виробляється вторинне генерування випадкової величини з врахуванням того, що всередині кожного інтервалу випадкова величина розподілена рівномірно.

### 3. Статистична обробка результатів моделювання.

## РОЗДІЛ 4. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АНАЛІЗУ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

#### **4.1 Застосування закону Парето для аналізу проблем в процесі виробництва і контролю продукції**

Для виявлення причин зміни якості, оскільки їх безліч, застосована діаграма Парето, яка дозволила об'єктивно порівняти великі множини чисел. Деякі причини сильно впливають на зміну якості, а інші, теоретично вважаються важливими, насправді не надають суттєвого впливу, якщо належним чином контролюються.

Всі можливі причини діляться на дві групи. До першої відноситься невелике число причин, які мають істотний вплив. Другу групу становить велике число причин, що надають незначний вплив. Зазвичай факторів, що викликають дефекти, не так вже й багато.

Використовуючи зазначений вище принцип поділу причин на дві групи, можна значно простіше вирішити проблему скорочення числа дефектних приладів. У першу чергу слід визначити істотно важливі причини, що викликають появу великої кількості дефектних приладів, і після того як, вони будуть виявлені, усунути їх. Щоб скоротити число бракованих приладів, потрібно в першу чергу поставити правильний «діагноз» тобто знайти справжні причини дефектів [ 13 ] .

У складному економічному житті підприємства проблеми можуть виникнути в будь-який момент в будь-якому підрозділі. Аналіз цих проблем завжди слід починати зі складання діаграм Парето, та причинно-наслідкових діаграм Ісікави. З їх допомогою

можна аналізувати широке коло проблем, що відносяться практично до будь сфери діяльності на підприємстві.

1) Фінансова сфера: аналіз собівартості приладів окремо за видами приладів; аналіз збуту; аналіз співвідношення витрат на діяльність з контролю за факторами контролю; аналіз прибутку окремо за видами приладів; аналіз відсотка прибутку і т.д.

2) Сфера виробництва: аналіз числа переробок окремо по робочим дільниць; аналіз числа неполадок окремо по верстатах; аналіз якості окремо за умовами робочих операцій; аналіз відсотка браку окремо по днях тижня; аналіз випадків зупинки процесу окремо по процесам; аналіз випадків поломок окремо по робочим ділянкам тощо.

3) Сфера матеріально-технічного постачання: аналіз числа випадків спеціального відбору за видами сировини і матеріалів; аналіз числа днів затримки поставок окремо за видами сировини і матеріалів; аналіз грошових втрат у результаті марної затримки на складах окремо за видами сировини і матеріалів і т.д.

4) Сфера діловодства: аналіз числа пропозицій окремо по працівникам; аналіз числа днів обробки документів окремо по пропозиціям; аналіз числа помилок в накладних окремо за видами накладних; аналіз відсотків виконання плану окремо по підрозділах і т.д.

5) Сфера збуту: аналіз прогнозу споживачів окремо за видами приладів; аналіз виручки від продажу приладів окремо по продавцям і по матеріалам; аналіз випадків отримання рекламаций окремо за



змістом рекламаций та аналіз суми втрат від рекламаций; аналіз числа повернутих приладів окремо за видами приладів і т.д. [39].

Застосування вищевказаного інструменту управління якістю допомагає швидко і ефективно аналізувати великі обсяги даних, а також дозволяє прийняти управлінське рішення, засноване на фактах.

Для аналізу за допомогою діаграми Ісікави була виконана наступна процедура [14]:

- Вибрано об'єкт – черв'ячні редуктори типу Ч80.
- Обрано дефекти.
- Визначено період часу, протягом якого аналізувалися дані.
- Відсортовані категорії зліва направо по горизонтальній осі в пропрміжку зменшення кількості дефектів.
- Побудовано діаграму.

#### **4.2 Принцип дії, функціональні можливості і обмеження електронної таблиці для побудови діаграми Парето**

Проведення аналізу якості продукції, що випускається на підприємстві - процес безперервний, обумовлений обробкою великого обсягу даних. При цьому масив аналізованих даних безперервно збільшується в результаті вдосконалення технічних засобів. Тому в даний час на підприємствах аналіз даних проводиться за допомогою ЕОМ. На сучасному рівні розвитку комп'ютерних технологій це завдання легко реалізується. Складнощі можуть виникнути тільки з програмним забезпеченням, якщо в

існуючих програмах не реалізована функція необхідна для аналізу якості продукції.

### 4.3 Порівняння існуючих програмних продуктів для побудови діаграми Парето з розробленим програмним забезпеченням

Моніторинг ринку програмних продуктів, проведений з метою пошуку програм для побудови діаграми Парето, показав, що в STATISTICA, SPSS і Pareto Pro 2 реалізована дана функція (аналіз Парето). У таблиці 4.2 представлені результати моніторингу ринку програмних продуктів з при-трансформаційних змін пошукових систем в мережі Інтернет.

Таблиця 4.1

Результати моніторингу ринку програмних продуктів що підтримують аналіз Парето

| Пошук<br>ова   | Назва<br>програми                   | Сайт   | Коротка характеристика   |
|--|-------------------------------------|--|--|
| 1)<br>Янде<br>кс<br><a href="http://www.vandex.ru">www.vandex.ru</a> | STATISTICA                          | <a href="http://www.statsoft.ru">www.statsoft.ru</a>           | STATISTICA - це система для статистично аналізу даних, що включає широкий набір аналітичних процедур |
| 2)<br>Рамбл  | SPSS                                | <a href="http://www.learnsppss.ru">www.learnsppss.ru</a>       | Комп'ютерна програма для статистичної обробки даних в соціальних науках                              |
| 3)Google<br><a href="http://www.google.com">www.google.com</a>       | KonSi ABC Analysis for Pareto Pro 2 | <a href="http://www.abc-analysis.com">www.abc-analysis.com</a> | Програмне забезпечення для аналізу асортименту.  |
| 4)Yahoo<br><a href="http://www.yahoo.com">www.yahoo.com</a>          |                                     | <a href="http://www.brother.com">www.brother.com</a>           | Це програмне забезпечення надає потужні інструменти  |

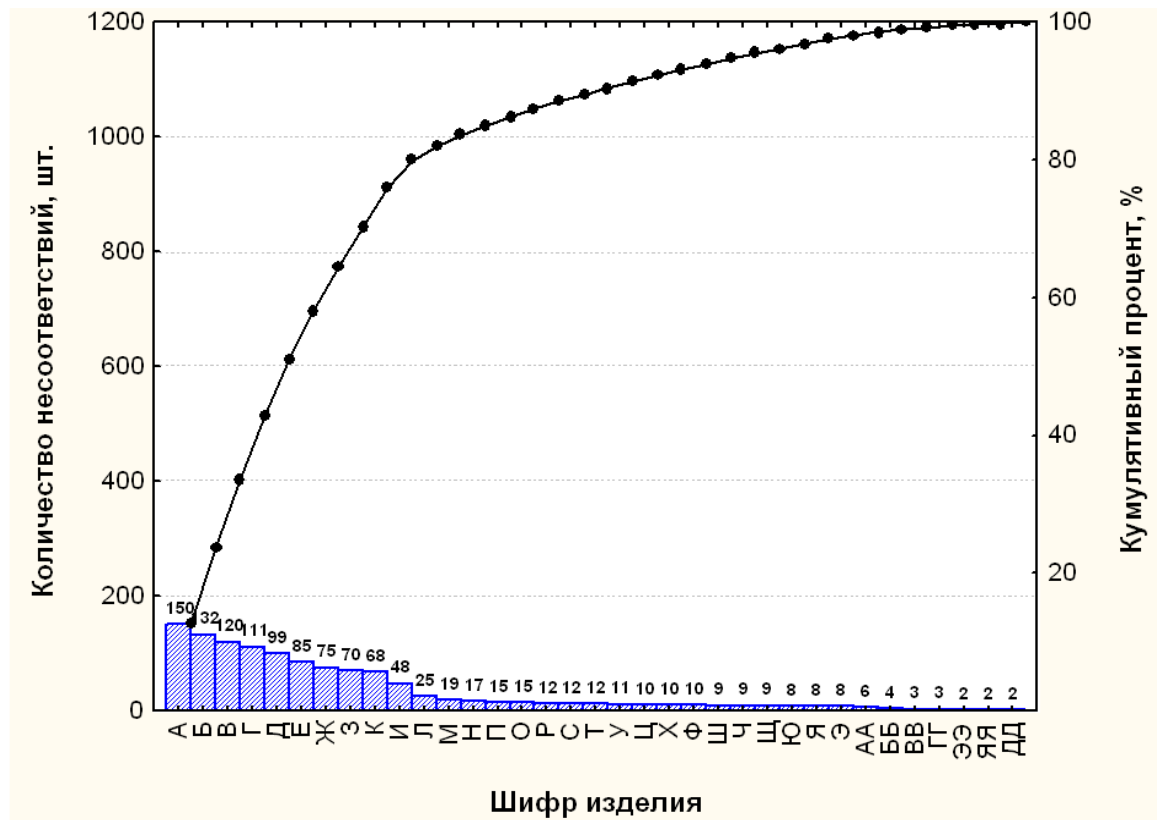


Рис. 4.1 - Діаграма Парето, побудована в програмі  
STATISTICA

За допомогою демонстраційних версій програм наведених у таблиці 4.1, за однаковими статистичними даними, були побудовані діаграми Парето, які наведені на (рис. 4.1, 4.2 і 4.3)



провести повноцінний статистичний аналіз. З діаграм (рис. 4.1, 4.2 і 4.3) очевидно, що:

- На всіх діаграмах відсутня 80-ти відсоткова зона дефектності, яка відображає принцип Парето і є основою для проведення ABC - аналізу;

- Програма Pareto Pro 2 (рис. 4.3) не дозволяє будувати кумулятивну криву (криву Лоренца) яка є обов'язковим елементом діаграми Парето;

- У програмах STATISTICA і SPSS (рис. 4.1 і 4.2) неможливо додати і змінити нові дефекти так як при спробі включити дану групу програма автоматично сортує дані, і ця група виявляється не на потрібній позиції.

- Жодна з запропонованих програм не має функції побудови діаграми Ісікави, як одного з ключових елементів причинно-наслідкових зв'язків технологічного процесу.

#### **4.4 Постановка завдання**

При розробці методики враховувалося, що статистичний аналіз в першу чергу починається з побудови діаграми Парето, яка ранжирує окремі області по значущості і закликає виявити і усунути в першу чергу причини що викликають 80 % невідповідностей або витрат.

Проведений аналіз програмних засобів в попередньому розділі показав, що функція відображення на діаграмі принципу Парето (80/20) нереалізована в цих програмах. Тому необхідно розробити програму, яка дозволить автоматизувати процес обробки

статистичних даних з мінімальними витратами часу і дозволить відображати на діаграмі 80-ти відсоткову зону дефектності (витрат).

З метою створення єдиної форми звіту, яка дозволить співробітникам підприємства швидко орієнтуватися в результатах статистичного аналізу, що розробляється програмний продукт вимагається доповнити стандартизованою формою звіту. Найбільш структурованою і зручною для розуміння формою подання даних є таблиця. Тому доцільно інтерфейс програми і звіт, реалізувати у формі таблиці, яка містить статистичні дані, а також саму діаграму Парето та діаграму Ісікави.

Важливим вимогою до програмного продукту є обсяг займаної пам'яті на жорсткому диску і сумісність з програмним забезпеченням. Враховуючи зазначені вище вимоги, впливає, що оптимальним програмним забезпеченням для написання програми є Microsoft Visual Studio 2013 Professional, який дозволяє створювати електронні таблиці сумісні з Microsoft Office Excel [ 40 , 41 ]. Враховуючи той факт, що Microsoft Office Excel одна з найпопулярніших офісних програм, це дозволить застосовувати розроблену програму на будь-якому комп'ютері в організації. А також використання Microsoft Visual Studio 2013 Professional в якості мови програмування, дозволить створити програму у формі файлу який не вимагає інсталяції і працює як стандартний файл операційної системи.

Для визначення новизни наведеної вище ідеї та підтвердження того, що аналогічна ідея ще не реалізована у вигляді програми ЕОМ, був проведений предметний патентний пошук.

Результати патентного пошуку свідчать про те, що по найбільш популярних світових базах даних аналогів не виявлено. Отже, можна приступати до розробки програмного продукту не побоюючись дублювання вже існуючої програми.

#### **4.5 Опис розробленого програмного забезпечення**

Програма розроблена за допомогою ліцензійного програмного забезпечення від Microsoft – Microsoft Visual Studio 2013 Professional. Для розробки використовувалась технологія Windows Forms.

Windows Forms - інтерфейс програмування додатків (API), що відповідає за графічний інтерфейс користувача і є частиною Microsoft .NET Framework. Даний інтерфейс спрощує доступ до елементів інтерфейсу Microsoft Windows за рахунок створення обгортки для існуючого Win32 API в керованому коді.

Для відображення графіку використовується вільна для доступу бібліотека від MicrosoftSystem.Windows.Forms.DataVisualization.Charting.Chart. За допомогою цієї бібліотеки в програмі візуалізуються розраховані дані.

Розроблена програма відповідає чотирьом основним концепціям ооп:

1. Наслідування
2. Поліморфізм
3. Абстракція
4. Інкапсуляція

Клас Defect описує сам дефект і що в ньому є: ім'я, кількість, розраховані відсотки.

Клас Data описує контейнер для екземплярів класу Defect та реалізує методи для розрахунку кінцевих даних для побудови графіку.

Клас GridDefectsProcessor реалізує взаємодію з таблицею в головному вікні, в яку записуються всі розраховані дані.

Клас MainWindow описує головне вікно програми та взаємодію користувача з інтерфейсом цього вікна.

Клас ChartWindow описує вікно в якому будується графік та реалізує взаємодію користувача з інтерфейсом цього вікна.

Клас SchemeWindow описує вікно зі схемою Ісікави.

#### **4.6 Методика роботи з програмним забезпеченням для побудови діаграми Парето**

За допомогою програмного забезпечення Microsoft Visual Studio 2013 Professional розроблена програма для побудови діаграми Парето, діаграми Ісікави [43]. Вихідна таблиця, в яку заносяться статистичні дані, представлена на рис. 4.4.

У таблиці заповнюються користувачем тільки дві позиції:

1. Назва дефекту;
2. Кількість дефектів, шт.



| Дії | Дефект     | Кількість дефектів | Накопичена сума | % від загального | Накопичений % |
|-----|------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------|
| ▶   | Дефект №1  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №2  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №3  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №4  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №5  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №6  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №7  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №8  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №9  |                    |                 |                  |               |
|     | Дефект №10 |                    |                 |                  |               |

Дефект №1 має ім'я:

Рис. 4.4 – Загальний вигляд вихідної таблиці

Також програма має меню з інформацією про політику конфіденційності при використанні програмного забезпечення (рис. 4.5).

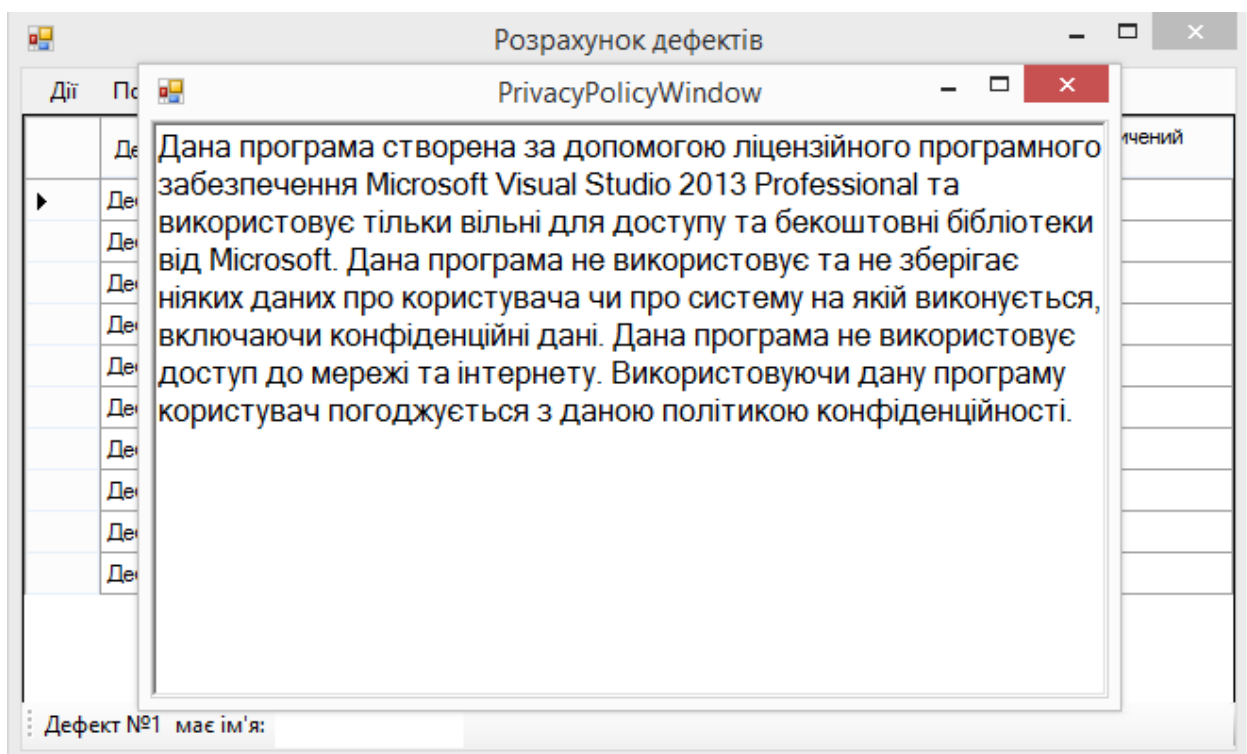


Рис. 4.6 – Вигляд меню програми з політикою конфіденційності

В Додатку А наведено приклад реалізації програмного забезпечення на прикладі дефектів черв'ячного редуктора типу Ч80.

Далі наведено узагальнений алгоритм роботи програми (рис. 4.6).



Рис. 4.6 – Узагальнений алгоритм програми

#### **4.7 Функціональні можливості програми та її обмеження**

У розробленій програмі реалізовані наступні функції:

- Можливість введення даних в таблицю 4.4 з введенням назви дефектів;
- Можливість збереження нового файлу за замовчуванням в папці «Мої до-кументи»;
- Виведення на друк звіту за формою;
- Побудова на діаграмі 80-ти відсоткової зони дефектності згідно з принципом Парето;

Програма для побудови діаграми має два обмеження:

1) Вихідна таблиця для введення статистичних даних (табл. 4.4) має роздільну здатність на 10 позицій. Дане обмеження реалізовано в програмі не випадково, це число позицій є оптимальним для побудови діаграми на одному стандартному аркуші формату А4. У разі, коли кількість аналізованих елементів перевищує 10 позицій, рекомендується інші малозначні ознаки підсумовувати під загальним заголовком

2) В залежності від назви дефекту при проектуванні причинно-наслідкової діаграми, назва дефекту може вийти за рамки стандартно встановленого прямокутного місця дефекту.

Алгоритми класів програми наведені в додатку Б;

Текст програми наведено в додатку В.

## **Висновки по розділу**

В данному розділі було наведено приклад застосування закону Парето для аналізу проблем в процесі виробництва і контролю продукції; розглянуто принцип дії та функціональні можливості; проведений аналіз існуючих програмних продуктів таких як: Pareto Pro 2, STATISTICA SPSS. Жодна з запропонованих програм не має функції побудови діаграми Ісікави, як одного з ключових елементів причинно-наслідкових зв'язків технологічного процесу. На основі проведених досліджень було розроблено алгоритм та відповідну програму, яка усуває недоліки вище зазначених аналогів.

Також було виконано експериментальні дослідження і отримано статистичний аналіз відповідності математичної моделі реальному об'єкту.

## **РОЗДІЛ 5.**

### **РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «АВТОМАТИЗОВА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ СКЛАДАННЯ ПРИЛАДІВ»**

#### **5.1 Опис ідеї проекту**

Розглянувши в попередніх розділах використання імітаційного моделювання у виробництві, було створено методу управління якістю процесами при складанні приладів. В цьому розділі буде проведено аналіз стартап-проекту, який визначить змоги даного продукту вийти на ринок і конкурувати з продуктами, що вже зайняли на ньому своє місце.

У таблиці 5.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів[43]-

Таблиця 5.1.Опис ідеї стартап-проекту.

| <b>Зміст ідеї</b>   | <b>Напрямки застосування</b>  | <b>Вигоди для користувача</b>   |
|---|---|---|
| Створення методу управління якістю процесами при складанні приладів | 1. Застосування в різних галузях (управління, проектування, планування, налаштування, прогнозування тощо) | Маючи високу гнучкість, дозволяє використовувати систему до різних умов виробництв, а також дозволяє користуватися системою не маючи відповідних знань. |
|   | 2. Проектування технологічних процесів  | Підвищення ефективності технологічного проектування та якості отриманих даних   |

Отже, пропонується нові напрямки проектування технологічних процесів, зменшення часу простою обладнання, що реалізовано шляхом комп'ютерної імітації виробничої системи, яка буде показувати вразливі місця технологічного процесу та дозволить

покращити і підвищити ефективність налаштування виробничого процесу.

Далі проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

– визначаємо попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проводимо збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

– проаналізуємо пропонований проект для власної ідеї щодо сильних, слабких та нейтральних характеристик порівняно з конкурентами (табл. 5.2). [43] Такими конкурентами визначено:

Конкурент 1– Метод контролю дефектів приладів в Метролог-ТМ;

Конкурент 2– Метод контролю дефектів приладів TQM;

Конкурент 3– Метод контролю дефектів приладів в ДержВиробКонтроль.

Таблиця 5.2. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту.

| №<br>п/п | Техніко-<br>економічні<br>характеристи<br>ки ідеї | (потенційні)<br>товари/концепції<br>конкурентів |                    |                |                 | W<br>(слабк<br>а<br>сторон<br>а) | N<br>(нейтр<br>альна<br>сторон<br>а) | S<br>(сильн<br>а<br>сторон<br>а) |
|----------|---|---|--------------------|----------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
|          |   | Мій<br>проє<br>кт                               | Кон<br>куре<br>нт1 | Конку<br>рент2 | Конку<br>-рент3 |                                  |                                      |                                  |
| 1        | 2   | 3   | 4                  | 5              | 6               | 7                                | 8                                    | 9                                |

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Створення бібліотек даних                           | + | - | + | - |   | + |   |
| 2. | Врахування максимальної кількості дефектів приладів | + | + | + | - |   |   | + |
| 3. | Розробка власного інтерфейсу                        | + | - | - | + | + |   |   |
| 4. | Використання статистичного аналізу інформації       | + | - | + | - |   |   | + |

Після проведення порівняння характеристик проекту з конкурентами був отриманий перелік сильних, слабких та нейтральних характеристик і властивостей ідеї потенційного товару, що показує його конкурентну здатність на ринку

### ***5.2. Технологічний аудит ідеї проекту***

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею створення проекту.

Визначено технологічну здійсненність ідеї проекту, яка передбачає аналіз таких складових (таблиця 5.3): [43]



Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту.

| <b>№<br/>п/<br/>п</b> | <b>Ідея проекту</b>                                 | <b>Технології її<br/>реалізації</b>                 | <b>Наявність<br/>технологій</b>           | <b>Доступність<br/>технологій</b> |
|-----------------------|---|---|---|-----------------------------------|
| 1                     | Створення методу контролю якості складання приладів | Традиційні мови програмування                       | Наявні, необхідні доповнення              | Доступні                          |
| 2                     | Створення методу контролю якості складання приладів | Створення бібліотеки параметрів дефектності приладу | Наявні, потребують незначних доопрацювань | Доступні                          |
| 3                     | Створення методу контролю якості складання приладів | Готові виробничі системи                            | Наявні, потребують незначних доопрацювань | Доступні                          |

Проаналізувавши таблицю можна зробити висновок, що даний проект може бути реалізований, тому що всі необхідні технології реалізації даних ідей наявні, але необхідно залучати спеціалістів з програмування для незначних доопрацювань.

### ***5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту***

Визначаємо ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть перешкодити його реалізації.

Це дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкових потреб, потенційних клієнтів та пропозицій проектів-конкурентів. Спочатку проведемо аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміки ринку (таблиця 5.4). [43]

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту.

| № п/п | Показники стану ринку (найменування)                     | Характеристика                               |
|-------|--|--|
| 1     | Кількість головних гравців, од                           | 3  |
| 2     | Загальний обсяг продаж, грн/ум.од                        | 500 000                                      |
| 3     | Динаміка ринку (якісна оцінка)                           | Зростає                                      |
| 4     | Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень) | Кількість параметрів оброблюваної інформації |
| 5     | Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації      | Не змінна                                    |
| 6     | Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %  | 45%  |

За результатами оцінювання ринок має гарний попит та динаміку, на запропонований продукт, тому можливо зробити висновок, що продукт може увійти у ринок, хоча на ринку вже є вітчизняні та іноземні конкуренти, але за допомогою охоплення більшої кількості впливаючих на якість кінцевої продукції параметрів можлива конкурентоспроможність.

Далі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (табл. 5.5).[43]

Таблиця 5.5.Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту.

| <b>№ п/п</b> | <b>Потреба, що формує ринок</b>                          | <b>Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)</b>     | <b>Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів</b> | <b>Вимоги споживачів до товару</b>   |
|--------------|--|---|--|--|
| <b>1</b>     | <b>2</b>   | <b>3</b>  | <b>4</b>   | <b>5</b>   |
| 1            | Система контролю якості складання приладів               | Приладобудівні підприємства з виготовленням продукції | - наповненість бази даних критеріїв відбору системи<br>- ціна ПЗ         | до продукції:- можливість доповнення та редагування;<br>- доповнення баз даних                                       |
| 2            | Підвищення ефективності технологічного процесу складання | Приладобудівні підприємства з виготовленням продукції | - швидкість та ефективність обробки інформації                           | до продукції: - простота використання;<br>до компанії постачальника: - швидке налаштування програмного забезпечення. |
| 3            | Результати використання програми                         | Приладобудівні підприємства з виготовленням продукції | - використання людиною, яка не володіє відповідними знаннями; -          | до продукції: - простота використання; - доступний інтерфейс; до компанії постачальника: -                           |

|  |  |  |                          |  |
|--|--|--|--------------------------|--|
|  |  |  | наявність<br>інтерфейсу; | швидке<br>налаштування<br>програмного<br>забезпечення. |
|--|--|--|--------------------------|--|

Отже, потенційною групою клієнтів продукту мають стати заводи, фірми, що хочуть зменшити вартість виробництва та підвищити якість складання приладів.

При застосуванні даної технології існують певні загрози. Для попередження таких ситуацій необхідно якісне обладнання, а також працювати з такими програмами повинні кваліфіковані фахівці (таблиця 5.6).[43]

Таблиця 5.6. Фактори загроз.

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Фактор</b> | <b>Зміст загрози</b>                            | <b>Можлива реакція<br/>компанії</b>                             |
|------------------|---------------|---|---|
| 1                | Збут          | Покупець обирає постачальників за дешевизною ПЗ | Пропонувати дане ПЗ невеликим фірмам                            |
| 2                | Корисність    | Може не відповідати вимогам певних підприємств  | Пропонувати підприємствам, які використовують застарілі системи |
| 3                | Конкуренція   | Наявність аналогічних систем аналізу факторів   | Безкоштовна 30-ти денна версія                                  |
| 4                | Обладнання    | Застаріле обладнання на більшості підприємств   | Застосування нового ПЗ  |

|   |                  |  |  |
|---|------------------|--|--|
| 5 | Результативність | Врахування не всіх факторів дефектності готових приладів | Реалізація класифікації та врахування основних факторів дефектності готових приладів |
|---|------------------|--|--|

В таблиці 5.6 було приведено визначення факторів можливостей загроз які перешкоджають вийти на ринок даному проекту, а також реакцію на ці фактори, щоб мінімізувати їх вплив.

Але поряд із колом загроз існують і певні можливості (таблиця 5.7).[43]

Таблиця 5.7.Фактори можливостей.

| № п/п | Фактор             | Зміст можливості   | Можлива реакція компанії   |
|-------|--------------------|--|--|
| 1     | 2                  | 3  | 4  |
| 1     | Наукова новизна    | Розробка методики виявлення та врахування дефектів у готових приладах        | Підвищити швидкодію системи в реальному часі   |
| 2     | Корисність         | Виявлення невідповідностей, що призводять до збільшення дефектності приладів | Пропонування системи для додаткових вимірювань, якщо фірма не хоче змінювати систему   |
| 3     | Метод проектування | Аналіз процесу складання з врахуванням критеріїв дефектності приладів        | Використання додаткових критеріїв дефектності для підвищення достовірності результатів |

|   |                        |   |   |
|---|------------------------|---|---|
| 4 | Удосконалення продукту | Статистичний аналіз інформації про якість продукції в процесі виробництва | Підвищення рівня визначення рівня дефектності технологічного процесу складання приладів |
| 5 | Економічні             | Політика протекціонізму; підтримка інноваційного виробництва.             | Підвищення/пониження ціни на продукт; зменшення податкового тиску                       |

В таблиці 5.7 було приведено визначення факторів можливостей які будуть сприяти нашому продукту для виходу його на ринок збуту, а також реакцію на них.

Таблиця 5.8.Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

| Особливості конкурентного середовища | В чому проявляється дана характеристика  | Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною )  |
|--------------------------------------|--|--|
| 1                                    | 2  | 3  |
| 1. Тип конкуренції - олігополія      | Характеризується невеликою кількістю фірм (до 10), що не дають вийти на ринок меншим фірмам, а також контролюють цінову політику але при змові з іншими олігополістами. Головною рисою | Пропонувати дану систему, заводам та фірмам, що хочуть з високою точністю запобігти виникненню дефектів при проектуванні технологічного процесу складання приладів |

|  |   |   |
|--|---|---|
|  | олігополії є те, що кількість фірм дуже незначана відносно ринку, що кожна з цих фірм визнає тісний взаємозв'язок одна з одною                                    |   |
| 2. За рівнем конкурентної боротьби- локальний      | Характеризується місцем використання розробленого ПЗ  | Пропонувати застосування запропонованого ПЗ одразу на партії приладів     |
| 3. За галузевою ознакою - внутрішньогалузев а      | Характеризується однією галуззю використання  | Пропонувати застосування запропонованого ПЗ одразу на партії приладів     |
| 4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова | Характеризується товарами одного виду   | Пропонувати застосування запропонованого ПЗ одразу на партії приладів     |
| 5. За характером конкурентних переваг - нецінова   | Проводиться головним чином за допомогою вдосконалення якості продукції, технології виробництва, патентування і брендування і умов її продажу, «сервізаций» збуту. | Пропонувати моніторинг якості безпосередньо в процесах складання приладів |
| 6. За інтенсивністю - не марочна                   | Торгова марка дуже не значна, але може бути   | Створити бренд, який буде легко запам'ятовуватись                         |

|  |                     |  |
|--|---------------------|--|
|  | присутньою на ринку |  |
|--|---------------------|--|

В даній таблиці можливо побачити аналіз ринка збуту для нашого продукту, а також маємо змогу визначити загальні риси конкуренції на ньому.

Після аналізу конкуренції проведемо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі.[43]

Таблиця 5.9.Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером.

|                         | <b>Прямі конкуренти в галузі</b>   | <b>Потенційні конкуренти</b>  | <b>Постачальники</b>   | <b>Клієнти</b>  | <b>Товари-замінники</b>   |
|-------------------------|--|---|--|---|---|
| <b>Складові аналізу</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Метролог-ТМ</li> <li>- TQM</li> <li>- ДержВироб Контроль</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- УкрМетрологія</li> <li>- QualityProduction</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Україна</li> <li>-СНГ</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Машинобудівні та приладобудівні підприємства</li> </ul>                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Системи побудовані за допомогою інших методів</li> </ul> |
| <b>Висновки:</b>        | Конкурентна інтенсивність з боку прямих конкурентів – є незначною  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Маємо можливість виходу на ринок</li> <li>- є декілька потенційних конкурентів</li> <li>Строки виходу</li> </ul> | Постачальники встановлюють вимоги роботи на ринку:                       | Клієнти встановлюють вимоги роботи на ринку: <ul style="list-style-type: none"> <li>- багатокритеріальні</li> </ul> | Лімітування з метою діяльності в торзі за допомогою схожих                                      |



|  |  |                                    |  |   |               |
|--|--|------------------------------------|--|---|---------------|
|  |  | системи на<br>ринок –<br>2018-2019 | - простота<br>використа<br>ння;<br>- надання<br>високих<br>гарантії. | ть<br>методики<br>вибору<br>факторів;<br>- Простота<br>інтерфейс<br>у системи | продукт<br>ів |
|--|--|------------------------------------|--|---|---------------|

Таким чином, відповідно до наведеного вище аналізу основними факторами, що діють у конкурентній боротьбі в сфері, вважаються постачальники і покупці. Крім того без винятку найбільшого значення набуває насиченість конкурентної боротьби серед суперниками. Таким чином в межах структурного підходу до аналізу конкуренції тип конкуренції – олігополістична конкуренція.

Після всіх аналізів визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Поки проект не впроваджено в життя, це важко зробити точно, можна дати лише попередню оцінку конкурентоспроможності.

Таблиця 5.10.Обґрунтування факторів конкурентоспроможності.

| №<br>п/п | Фактор<br>конкурентоспроможності                             | Обґрунтування (наведення<br>чинників, що роблять фактор<br>для порівняння конкурентних<br>проектів значущим) |
|----------|--|--|
| 1        | Визначення ступеню<br>впливу на якість кінцевого<br>продукту | Врахування критерію впливу<br>дефектності  |
| 2        | Визначення дефектів  | Здійснює врахування джерел<br>виникнення дефектів  |
| 3        | Метод управління якістю                                      | Вибрано метод діаграм  |
| 5        | Статистичний аналіз<br>інформації                            | В основі прості інструменти<br>управління якістю   |

|   |  |   |
|---|--|---|
| 7 | Врахування можливих дефектів приладів; | Алгоритм вибору найбільш значимих дефектів                              |
| 8 | Запобіжні дії                          | Дозволяють прогнозувати якість кінцевої продукції                       |
| 9 | Простота використання                  | Можна використовувати не будучи спеціалістом в даній предметній області |

В таблиці 5.10 на основі аналізу проведеного в таблиці 5.9 визначили та обґрунтували фактори конкурентоспроможності нашого проекту.[43]

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «Методів управління якістю процесу складання приладів».

| № п/п | Фактор конкурентоспроможності                          | Бал и 1-20 | Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з розробленим ПЗ |    |    |   |    |    |    |
|-------|--|------------|---|----|----|---|----|----|----|
|       |  |            | -3  | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 |
| 1     | Визначення ступеню впливу на якість кінцевого продукту | 3          |   |    |    |   |    | +  |    |
| 3     | Визначення дефектів                                    | 0          |   |    |    |   | +  |    |    |
| 4     | Метод управління якістю                                | 1          |   |    |    | + |    |    |    |
| 5     | Статистичний аналіз інформації                         | 1          |   |    | +  |   |    |    |    |
| 6     | Врахування можливих дефектів приладів;                 | 2          |   | +  |    |   |    |    |    |
| 7     | Запобіжні дії  | 2          |   |    |    | + |    |    |    |
| 8     | Простота використання                                  | 3          |   |    |    | + |    |    |    |
| 9     | Визначення ступеню впливу на якість кінцевого продукту | 3          |   | +  |    |   |    |    |    |

Порівняльний аналіз сильних і слабких сторін показав, що довговічність, надійність і час роботи, за тієї ж ціною що, дає перевагу над іншими конкурентними продуктами і тому проект може стати конкурентоспроможним на ринку та зайняти свою нішу на ньому.

Таблиця 5.12. SWOT- аналіз стартап-проекту.

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Сильні сторони:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- застосування простих інструментів управління якістю;</li> <li>- зручна та зрозуміла інтерпретація результатів аналізу дефектності приладу;</li> <li>- впровадження результатів;</li> <li>- використання існуючих методів;</li> </ul>   | <p><b>Слабкі сторони:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- розробка власного інтерфейсу ПЗ;</li> <li>- вузька спеціалізованість;</li> <li>- відсутність торгової марки;</li> <li>- продукт який ще не зарекомендував себе на ринку;</li> </ul>                              |
| <p><b>Можливості:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- попит;</li> <li>- корисність;</li> <li>- отримання замовлень від нових клієнтів;</li> <li>- збільшення продажів;</li> <li>- впровадження результатів;</li> <li>- іноземні інвестиції;</li> <li>- конкурентоспроможність;</li> <li>- закріпитися на ринку товарів та послуг;</li> <li>- модифікація існуючого програмного забезпечення та удосконалення його</li> </ul> | <p><b>Загрози:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- збут;</li> <li>- збільшення конкуренції на ринку;</li> <li>- поява якісніших технологій у конкурентів;</li> <li>- зменшення кількості продукції, що виробляється, заводами замовниками;</li> <li>- інфляція;</li> </ul> |

В таблиці 5.12 показано переваги та недоліки проекту.[43] А також загроз та можливостей на ринку, який був складаний на основі факторів переваг та недоліків які ми складали раніше. Ринкові переваги та недоліки на відміну від факторів ще не є реалізованими

на ринку та мають певну ймовірність здійснення, тому SWOT-аналіз допоміг зрозуміти, які чинники заважають розвитку компанії, зменшують її дохід та становлять загрозу в майбутньому. А побачивши можливості, які є на ринку, організація сфокусували свої сили та переваги для розширення власної ніші.

На основі SWOT-аналізу в подальшому буде розроблено альтернативи поведінки ринкових відносин для виведення стартап-проекту на ринок та буде приведений орієнтовний час виведення стартап-проекту на ринок, з аналізом конкурентів, які вже є на ринку.

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту.

| <b>№ п/п</b> | <b>Альтернатива (орієнтовний комплекс ринкової поведінки)</b>       | <b>Ймовірність отримання ресурсів</b> | <b>Строки реалізації</b> |
|--------------|---|---------------------------------------|--------------------------|
| 1            | Стратегія нейтралізації ринкових загроз перевагами стартапу         | 80%                                   | 1 рік                    |
| 2            | Стратегія заміни недоліків стартапу наявними ринковими можливостями | 75%                                   | 0,7 року                 |

Проводимо аналіз розроблених альтернатив ринкового впровадження і з даних альтернатив необхідно обрати ту, яка має більшу ймовірність отриманих ресурсів та в якій менший строк реалізації. Тоді буде вибрана стратегія заміни недоліків стартапу наявними ринковими можливостями.

#### ***5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту***

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів.[43]

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів.

| <b>№ п/п</b>   | <b>Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів</b> | <b>Готовність споживачів сприйняти продукт</b> | <b>Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)</b> | <b>Інтенсивність конкуренції в сегменті</b> | <b>Простота входу у сегмент</b> |
|--|---|--|--|---|---------------------------------|
| 1  | Приладобудівні підприємства                             | 85%  | 90%  | 60%   | 30%                             |
| Які цільові групи обрано: Стратегія концентрованого маркетингу |   |  |  |   |                                 |

За результатами аналізу потенційних груп споживачів обрано цільові групи, для яких буде запропонована програма, для оптимізації. Було визначено стратегію: стратегія концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраному сегменті ринку необхідно сформулювати базову стратегію розвитку.[43]

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку.

| <b>№ п/п</b> | <b>Обрана альтернатива розвитку проекту</b> | <b>Стратегія охоплення ринку</b> | <b>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</b>            | <b>Базова стратегія розвитку*</b> |
|--------------|---|----------------------------------|--|-----------------------------------|
|              | Стратегія спеціалізації                     | Стратегія спеціалізації          | Передбачає охоплення деяку нішу одного сегменту, а не охоплення цілого ринку. Метою буде | Стратегія спеціалізації           |

|  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  | надання послуг більш якісного рівня ніж у конкурентів на ринку |  |
|--|--|--|--|--|

За базову стратегію розвитку було взято стратегію спеціалізації, що передбачає концентрацію на потребах деякої цільової аудиторії, ніж охоплення усього ринку.

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (табл. 5.16).[43]

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки.

| <b>№ п/п</b> | <b>Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?</b> | <b>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</b> | <b>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?</b> | <b>Стратегія конкурентної поведінки*</b> |
|--------------|---|---|--|--|
|              | Ні  | Пропонування вже працюючим заводам та пошук нової цільової аудиторії.                 | Так<br>- методологію<br>- схожість систем<br>- інтерфейс                           | Стратегія зайняття конкурентної ніші     |

За базову стратегію конкурентної поведінки була прийнята стратегія зайняття конкурентної ніші, коли компанія намагається зайняти деякий сегмент ринку, а не намагатися захопити його.

Головною метою компанії при цьому буде – постійна підтримка своєї конкурентоспроможності.

На основі вимог споживачів з обраного сегменту до постачальника і продукту, а також в залежності від стратегії розвитку та стратегії конкурентної поведінки розроблено стратегію позиціювання яка буде відображати ринкову позицію, за яким споживачі мають ідентифікувати проект.

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування.

| <b>№<br/>п/<br/>п</b> | <b>Вимоги до<br/>товару<br/>цільової<br/>аудиторії</b>                 | <b>Базова<br/>стратегія<br/>розвитку</b> | <b>Ключові<br/>конкурентосп<br/>роможні<br/>позиції<br/>власного<br/>стартап-<br/>проекту</b> | <b>Вибір асоціацій, які<br/>мають сформува<br/>ти комплексну<br/>позицію<br/>власного<br/>проекту<br/>(три ключових)</b>                       |
|-----------------------|--|--|---|--|
| 1                     | Врахування джерел виникнення дефектів                                  | Стратегія спеціалізації                  | - врахування критерію дефектності приладів  | - Позиціонування за співвідношенням "ціна – якість"<br>- Позиціонування за сферою використання<br>- Стратегія позиціонування за однією ознакою |
| 2                     | Визначення рівня дефектності технологічного процесу складання приладів | Стратегія спеціалізації                  | -робота в реальному часі  |  |
| 3                     | Представлення результатів  | Стратегія спеціалізації                  | - Врахування ступеня впливу на якість кінцевого продукту                                      |  |

Компанією за стратегію розвитку обрано свою спеціалізацію, і цільовою групою обрано приладобудівні підприємства та заводи,

хоча у цих підприємств вже є постачальники, але за рахунок нових технологій буде можливо переманити частину клієнтів від конкурентів та реалізовувати цим свою конкурентну перевагу.

### ***5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту***

Під час розроблення маркетингової програми першим кроком є розробка маркетингової концепції товару, який отримає споживач. У таблиці 5.18 підсумовуємо результати аналізу конкурентоспроможності товару.[43]

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару.

| <b>№ п/п</b> | <b>Потреба</b>   | <b>Вигода, яку пропонує товар</b>              | <b>Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)</b> |
|--------------|--|--|---|
| <b>1</b>     | <b>2</b>   | <b>3</b>                                       | <b>4</b>  |
| 1            | Визначення ступеню впливу на якість кінцевого продукту | Врахування критерію впливу дефектності         | Підвищення якості кінцевої продукції  |
| 2            | Визначення дефектів                                    | Здійснює врахування джерел виникнення дефектів | Підвищення якості кінцевої продукції  |
| 3            | Метод управління якістю                                | Вибрано метод діаграм                          | Можливе зміна/доповнення методу в разі необхідності                                 |
| 4            | Статистичний аналіз інформації                         | В основі прості інструменти управління якістю  | +   |



|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 5 | Врахування можливих дефектів приладів;                 | Алгоритм вибору найбільш значимих дефектів                              | + |
| 6 | Запобіжні дії  | Дозволяють прогнозувати якість кінцевої продукції                       | + |
| 7 | Простота використання                                  | Можна використовувати не будучи спеціалістом в даній предметній області | + |
| 8 | Визначення ступеню впливу на якість кінцевого продукту | Врахування критерію впливу дефектності                                  | + |
| 9 | Визначення ступеню впливу на якість кінцевого продукту | Здійснює врахування джерел виникнення дефектів                          | + |

За рахунок ключових переваг товару і стратегії диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмінних властивостей за такою ж ціною як і у конкурентів буде розроблено маркетингову програму стартап-проекту.

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару.

| Рівні товару                    | Сутність та складові             |       |
|---------------------------------|----------------------------------|-------|
| I. Товар за задумом             | Створення технологічного процесу |       |
| II. Товар у реальному виконанні | Властивості/характеристик и      |       |
|                                 | 1. Комп'ютерна програма          | 10 Мб |

|                             |  |  |
|-----------------------------|--|--|
|                             | 2. Оригінальний код програми             |  |
|                             | 3.Довговічність (не має)                 |  |
|                             | 4.Надійність                             |  |
|                             | Якість: нормативи, міжнародні стандарти. |  |
| ІІІ. Товар із підкріпленням | Пакування: Диск.                         |  |
|                             | Марка: <i>QualityMeasurementInc.</i>     |  |
|                             | До продажу: доставка, налаштування.      |  |
|                             | Після продажу: обслуговування            |  |

В таблиці 5.19 створено три - рівневу модель нашого товару, що включає задум товару, основі характеристики готового товару, спосіб його поширення та захист від плагіату.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватися при встановленні ціни на потенційний товар, це передбачає аналіз цін товарів конкурентів, та доходів споживачів продукту (табл. 5.20).[43]

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни.

| №<br>п/п | Рівень цін на товари-замінники | Рівень цін на товари-аналоги | Рівень доходів цільової групи споживачів | Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу |
|----------|--------------------------------|------------------------------|--|---|
| 1        | 20000 грн                      | 50000грн                     | 5000грн                                  | 5000-10000 грн  |

В даній таблиці розглянуто ринкові ціни на товари аналоги та замітники, а також середній рівень доходів споживачів. За отриманими даними буде встановлена верхній та нижній рівень цінової політики .

Таблиця 5.21. Формування системи збуту.

| <b>№ п/п</b> | <b>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</b>   | <b>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</b> | <b>Глибина каналу збуту</b> | <b>Оптимальна система збуту</b>   |
|--------------|--|--|-----------------------------|---|
| 1            | Звична купівля з деякими модифікаціями. Вона передбачає придбання дещо змінених товарів (послуг), або зміну ціни на товар (послугу). | Доставка товару покупцю, його налаштування та встановлення.  | Канал нульового рівня       | Власна система збуту.<br>Виробник безпосередньо продає товар клієнту і використовує три способи прямого продажу :<br>-Торгівля через магазини<br>-Посилкова торгівля<br>-Онлайн сервіси |

Спираючись на специфіку ринкових відносин для цільових клієнтів було обрано власну систему збуту, коли виробник безпосередньо продає товар клієнту через торгівлю в магазинах, посилками чи в онлайн. Також заглибину каналу збуту було обрано канал нульового рівня, тому що компанія хоче мати безпосередній контакт с покупцями.

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

| <b>№ п/п</b> | <b>Специфіка поведінки цільових клієнтів</b> | <b>Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти</b> | <b>Ключові позиції, обрані для позиціонування</b> | <b>Завдання рекламного повідомлення</b> | <b>Концепція рекламного звернення</b> |
|--------------|--|---|---|---|---------------------------------------|
|--------------|--|---|---|---|---------------------------------------|

|   |                 |                                      |   |                        |                      |
|---|-----------------|--------------------------------------|---|------------------------|----------------------|
| 1 | Бути на зв'язку | - електронна пошта<br>- моб. телефон | Раніше виникнення дефектів при складанні приладів | Зацікавити у виборі ПЗ | «Заощаджуйте втричі» |
|---|-----------------|--------------------------------------|---|------------------------|----------------------|

Висока якість продукту є головною перевагою продукту, за рахунок якого він буде конкурентоспроможним на ринку.

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів було обрано власну систему збуту, коли виробник безпосередньо продає товар клієнту.

Ціноутворення відбувається на основі аналізу товарів – аналогів і відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту з залученням експертів.

## ***5.6 Висновки до розділу***

Ринкова комерціалізація проекту опирається на попит у даній сфері, динаміку самого ринку, а також прибутковість роботи на

ринку. Даний стартап-проект розрахований на клієнтів, що вбачають необхідність модернізації свого виробництва при суттєвому зменшенні браку продукції, тим самим підвищуючи її якість та отримуючи додатковий прибуток порівняно із товарами конкурентів.

Результатом дослідження є підвищення ефективності технологічного процесу складання за допомогою розробки методів управління якістю процесами..

Спираючись на специфіку закупівельної поведінки цільових клієнтів і розробивши власну систему збуту є хороші перспективи впровадження даного продукту на ринок. Також було проаналізовано ринок та його потреби і визначено напрямки, в якому буде проводити реалізацію продукції наша компанія. Ними виявилися приладо-, машино-, авіа-, та ракетобудівні підприємства та заводи. Проблематикою входження на ринок є кількість товарів-аналогів, які вже мають свою нішу на ринку, але розроблена модель на основі статистичних методів контролю якості, дозволить з високою точністю запобігти виникненню дефектів при проектуванні технологічного процесу складання приладів, за рахунок чого вона може стати конкурентоспроможним на ринку. Орієнтація на споживача дозволить якісно відстежувати тренди розвитку промисловості та дороблювати продукцію згідно вимогам ринку.

Для даного проекту обрано було альтернативний варіант впровадження, котрий базується на встановленні, порівняно з конкурентами, низької ціни на новий продукт для залучення більшої кількості покупців і завоюванню великої частини ринку при

найбільш простому та надійному отриманні ресурсів є найбільш простим і надійним, а терміни реалізації найкоротшими.

В кінці проекту було обрано ключові переваги над конкурентами, встановлено межі цін, за якими буде реалізовуватися продукція. Також було обрано стратегію збуту товару через посередника та проаналізовано концепцію маркетингових комунікацій.

Отже, подальше впровадження нашого продукту на ринок є вигідною за рахунок сильних сторін продукту і наявного попиту на ринку.

## **ВИСНОВКИ**

Завдання, магістерської дисертації полягало у розробці автоматизованої системи контролю якості складання приладів.

Для вирішення поставленої задачі було виконано наступні завдання:

- проведено аналіз технологічного процесу складання для виявлення невідповідностей, що призводять до збільшення появів дефектів приладів, і джерел їх виникнення;

- на основі аналізу сформовано перелік можливих дефектів і виділено основні причини, що істотно впливають на якість складання приладів;

- розроблено математичну модель, яка допомагає визначити ступінь впливу виявлених дефектів на якість складання приладів;

- виконано експериментальні дослідження і відповідності математичної моделі реальному об'єкту;

- розроблено алгоритм визначення рівня впливу дефектів на якість технологічного процесу складання приладів та ПЗ, що його реалізує;

- проведено дослідну апробацію ПЗ, методики для підтвердження її придатності до застосування.

Розроблена автоматизована система контролю якості складання приладів, пройшла апробацію при дослідженні контролю якості складання. Отриманні експериментальні результати про контроль якості складання можуть бути використані у вирішенні широкого кола проблем, наприклад, аналіз собівартості виробництва окремо за видами виробів; аналіз випадків зупинки процесу окремо по процесам. Використання даного програмного забезпечення дасть змогу значно скоротити обсяг часу який затрачається на усунення дефектів при складанні.

## Список використаних джерел

1. Jeanes C. What is TQM (and what it is not). - Total quality management 3: Proc. of the 3rd intern, conf., 5-6 June, 1990, London, UK / Ed.: J. Oakland. -1 ed. -Bedford et al.: 1.S, 1990. - P. 3-6.
2. Коуден Д. Статистические методы контроля качества / Пер. с англ.; Под ред. Б.Р.Левина. М.: ФизМатГиз, 1961. - 623 с.
3. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами / Пер. с англ. В.Д. Скаржинского; Под ред. В.Г. Горского. М.: Мир, 1973. - 957с.
4. Чекмарев А.Н. Статистические методы управления качеством / Чекмарев А.Н., Барвинок В.А., Шалавин В.В. М.: Машиностроение, 1999. - 319 с.
5. Фейгенбаум А. Контроль качества продукции / Сокр. пер. с англ. Л.И. Павлови др. М.: Экономика, 1986. - 471 с.
6. Messina W.S. Statistical quality control for manufacturing managers. New York et al.: Wiley, 1987. - 331 p.
7. ОСТ 11 14.1011-99 Микросхемы интегральные. Система и методы статистического контроля и регулирования технологического процесса. 22 ЦНИИИ МО, 1999.
8. Ю.Сажин Ю.В. Комплексное применение статистических методов в исследовании качества продукции. Саратов: Изд-во Саратов, ун-та, 1982.- 166 с.
9. Проблемы контроля качества на мелких предприятиях / Stephenson A.R.; ВЦП. № И-33519. - 23 с. World Quality Congress - 84. Brighton 1984. Proceedings, V.1. P. 327-341.



10. Труханов В.М., Аристов А.И. Модели управления процессом обработки технических систем. Статистические методы регулирования технологических процессов, Т. 5(11), 1990. 98 с.
11. Шор Я.Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности. М.: Советское радио, 1962. - 552 с.
12. Кокрен У. Методы выборочного исследования / Пер. с англ. И.М. Сониной; Под ред. А.Г. Волкова; Предисл. Н.К. Дружинина. М.: Статистика, 1976. -440 с.
13. Михок Г., Урсяну В. Выборочный метод и статистическое оценивание: . Пер. с румын. / Под ред. В.Ф. Матвеева. М.: Финансы и статистика, 1982.-245 с.
14. Справочник по теории вероятностей и математической статистике / В.С.Королюк, Н.И.Портенко, А.В.Скороход, А.Ф.Турбин. М.: Наука, 1985.-640 с.
15. Крамер Г. Математические методы статистики / Пер. с англ. А.С. Мониной и А.А. Петрова; Под ред. акад. А.Н. Колмогорова. 2-е изд., стереотип. -М.: Мир, 1975.-648 с.
16. Дунин-Барковский И.В., Смирнов Н.В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике: (Общая часть). М.: Гостехиздат, 1955.-556 с.
17. Лабутин С.А., Пугин М.В. Статистические модели и методы в измерительных задачах. Н. Новгород, 2000. - 115 с.
18. Мердок Дж. Контрольные карты / Пер. с англ.; Предисл. Ю.П. Адлера. -М.: Финансы и статистика, 1986. 151 с.
19. Попов В.Н. Нормы и допуски на параметры функциональных узлов. М.: Энергия, 1976. - 72 с.

20. Гнеденко Б.В. Математика и контроль качества продукции. М.: Знание, 1978.-64 с.
21. Шиндовский Э., Шюрц О. Статистические методы управления качеством. Контрольные карты и планы контроля / Пер. с нем. Ивановой В.М., Решетниковой О.И. М.: Мир, 1976. - 597 с.
22. РД В 11.070.059-79 Изделия электронной техники. Методы установления норм на электрические параметры. ВНИИ «Электронстандарт», 1980.
23. Пролейко В.М., Абрамов В.А., Брюнин В.Н. Системы управления качеством изделий микроэлектроники: (Теория и применение) / Предисл. проф. В.Н. Сretenского. М.: Советское радио, 1976. - 224 с.
24. Сиро С. Практическое руководство по управлению качеством / Пер. с яп.; Под ред. В.И. Гостева. М.: Машиностроение, 1980. - 214 с.
25. Использование статистических методов в управлении качеством продукции: Обзорная информ. / Сер. «Управление качеством продукции». Вып.4 / ВНИИКИ. М.: 1991. - 60 с.
26. Taylor D.S. Wet-etch Process Improvements Through SPC (Statistical Process Control) // Solid State Technology. 1998. - Vol.7. - P. 119-129.
27. Качество продукции: Статистические методы управления качеством. Регулирование технологических процессов методом группировки. Рекомендации / Сост. Сперанский Б.С., Бондарь М.Т., Фридлиндер И.Г. и др.-М.: 1978.-29 с.

28. Shewhart W.A. Economic Control of Quality of Manufactured Product. New York: D. Van Nostrand, 1931. - 501 p.
29. Rissik H. Quality control in production. London, 1948. 181 p.
30. ОСТ В 11 0998-99 Микросхемы интегральные. Общие технические условия. Система и методы операционного контроля. Госстандарт РФ, 1999.
31. ОСТ 11 0999-99 Микросхемы интегральные. Обеспечение качества в процессе разработки. Требования к системе качества разработки. 22 ЦНИИИМО, 1999.
32. Круглый стол «Судьба электроники России» // Электроника. 2002. - № 2.-С. 4.
33. Власов В.Е., Захаров В.П., Коробов А.И. Системы технологического обеспечения качества компонентов микроэлектронной аппаратуры. / Под ред. А.И.Коробова. -М.: Радио и связь, 1987. 160 с.
34. ГОСТ РВ 20.57.411-97 КСКК. Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические военного назначения. Организация работ по сертификации систем качества и производств. Госстандарт РФ, 1997.
35. Стрижков С.А. Статистические методы управления и оценки качества технологических процессов. Особенности применения для обеспечения качества интегральных микросхем // Микроэлектроника. 2002. - Т. 31. -№1.- С. 24-30.
36. Условия контроля за процессом мелкосерийного многономенклатурного производства / ВЦП. № М-5289. - 17 с.

Пер. ст. Ямада К., Исимура. Я. Из журн.: Кэйсо. 1985. Т. 28, № 8.  
- С. 25-31.

37. Критенко М.И., Бедрековский М.А., Вуколов Н.И., Голубев В.В. Особенности обеспечения и контроля качества изделий единичного и мелкосерийного производства // Экономика и производство. 1999. - № 4.-С. 15-17.
38. Дорошевич К.К., Попов В.Н., Стрижков С.А. Методика статистического контроля технологических процессов изготовления интегральных микросхем для партий малого объема при прерывистом производстве // Микроэлектроника. 2002. - Т. 31. - № 2. - С. 152-160.
39. Wolfowitz J. Confidence limits for the fraction of a normal population which lies between two given limits. AMS, 1946, Vol. 52, N. 9.
40. Больше Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. — М.: Наука, 1983.-416 с.
41. Kirschling G. Quality assurance and tolerance: Transl. from german. -Berlin etc.: Springer, 1991. 335 p.
42. Остафьев В. А., Антонюк В. С., Тимчик Г. С. Диагностика процесса металлообработки – К.: Техніка. 1991. – 152 с.
43. О. А. Гавриша Методичні вказівки до виконання розділу магістерської дисертації для студентів інженерних спеціальностей - К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2016 – 28 с.
44. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для

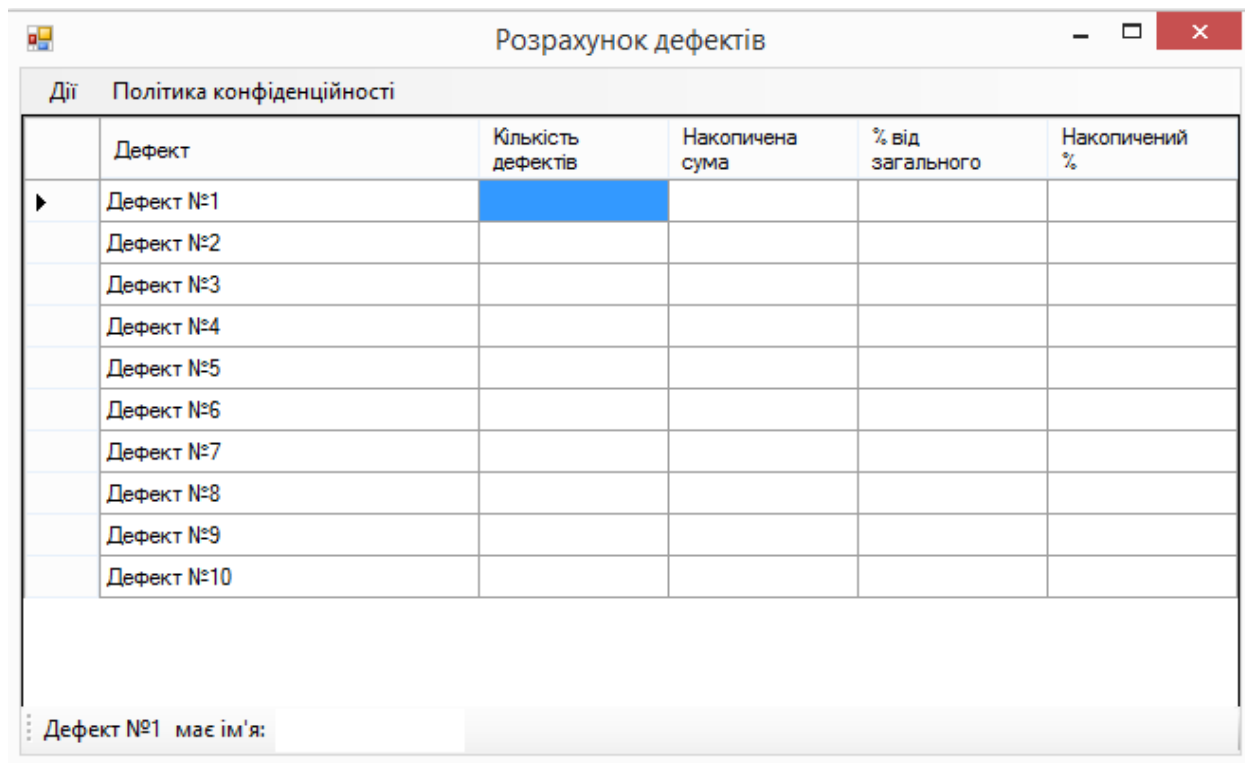
студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша.  
– Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

# Додатки

## Додаток А

### Приклад розрахунку з використанням програми

#### 1. Запустити програму



| Дефект     | Кількість дефектів | Накопичена сума | % від загального | Накопичений % |
|------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Дефект №1  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №2  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №3  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №4  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №5  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №6  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №7  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №8  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №9  |                    |                 |                  |               |
| Дефект №10 |                    |                 |                  |               |

Дефект №1 має ім'я:

#### 2. Ввести назву дефектів та їхню кількість



| Дефект                       | Кількість дефектів | Накопичена сума | % від загального | Накопичений % |
|------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Пошкодження кульок           | 42                 |                 |                  |               |
| Шум редуктора                | 36                 |                 |                  |               |
| Пошкодження обойм            | 18                 |                 |                  |               |
| Пошкодження червяка          | 12                 |                 |                  |               |
| Пошкодження зубч. кол.       | 9                  |                 |                  |               |
| Наявність металу в редукторі | 6                  |                 |                  |               |
| Відсутність змазки           | 4                  |                 |                  |               |
| Пошкодження корпусу          | 2                  |                 |                  |               |
| Заїдання в зчепленні         | 1                  |                 |                  |               |
| Вихід з ладу ущільнення      | 1                  |                 |                  |               |

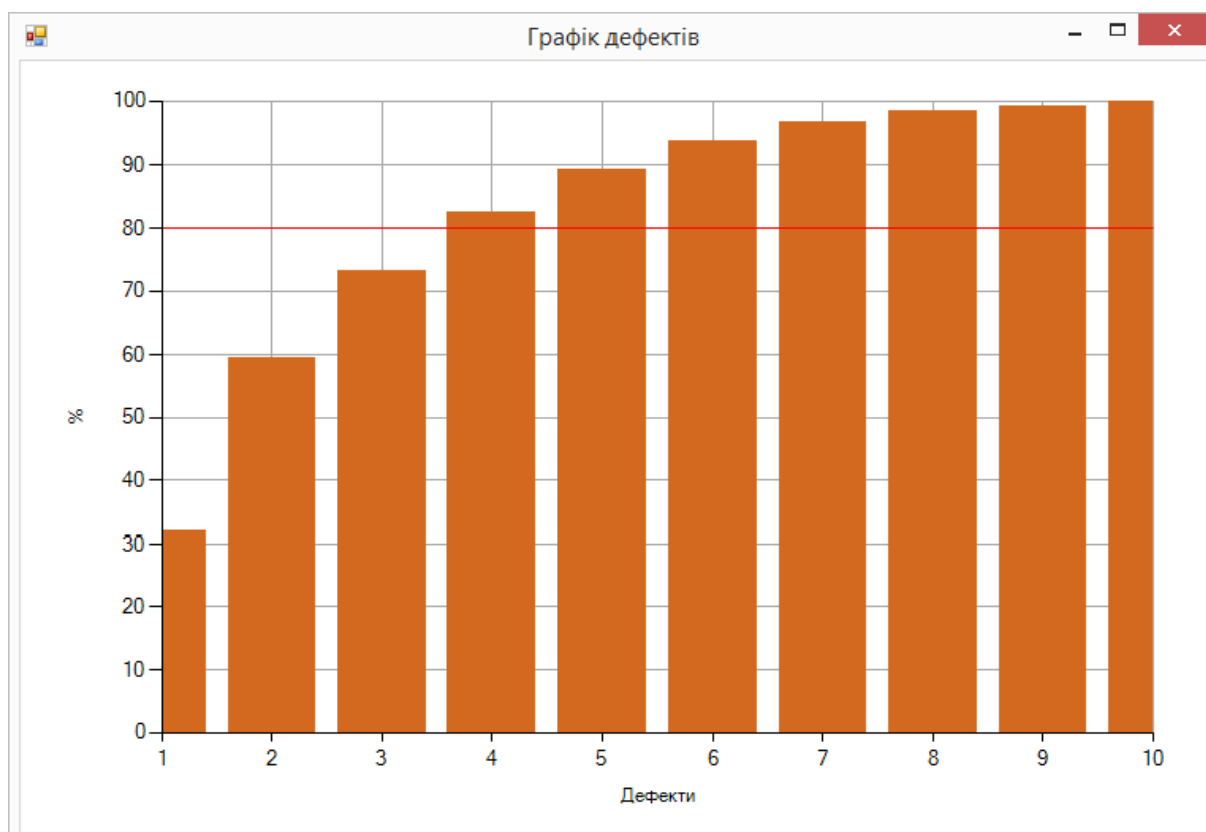
Дефект №10 має ім'я: Вихід з ладу ущіл

### 3. Натиснути «Дії», «Розрахувати»

| Розрахунок дефектів           |                              |                    |                 |                  |               |
|-------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Дії Політика конфіденційності |                              |                    |                 |                  |               |
|                               | Дефект                       | Кількість дефектів | Накопичена сума | % від загального | Накопичений % |
| ►                             | Пошкодження кульок           | 42                 | 42              | 32,06            | 32,06         |
|                               | Шум редуктора                | 36                 | 78              | 27,48            | 59,54         |
|                               | Пошкодження обойм            | 18                 | 96              | 13,74            | 73,28         |
|                               | Пошкодження червяка          | 12                 | 108             | 9,16             | 82,44         |
|                               | Пошкодження зубч. кол.       | 9                  | 117             | 6,87             | 89,31         |
|                               | Наявність металу в редукторі | 6                  | 123             | 4,58             | 93,89         |
|                               | Відсутність змазки           | 4                  | 127             | 3,05             | 96,94         |
|                               | Пошкодження корпусу          | 2                  | 129             | 1,53             | 98,47         |
|                               | Заїдання в зчепленні         | 1                  | 130             | 0,76             | 99,23         |
|                               | Вихід з ладу ущільнення      | 1                  | 131             | 0,76             | 99,99         |

Дефект №1 має ім'я: Пошкодження ку

### 4. Натиснути «Дії», «показати графік»

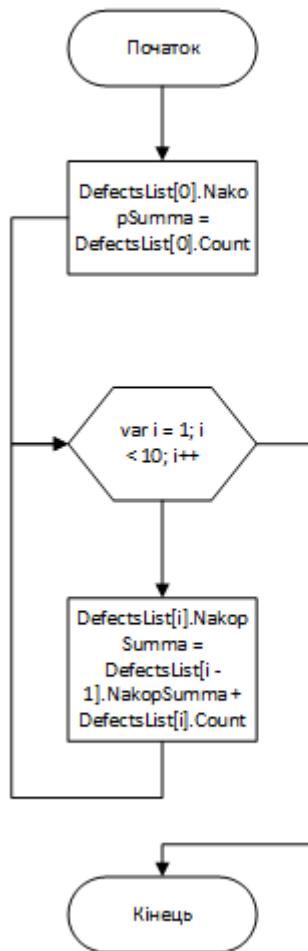




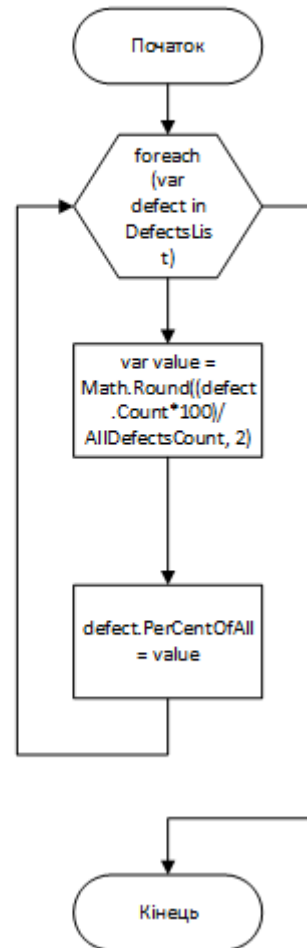
## Додаток Б

### Алгоритми класів програми

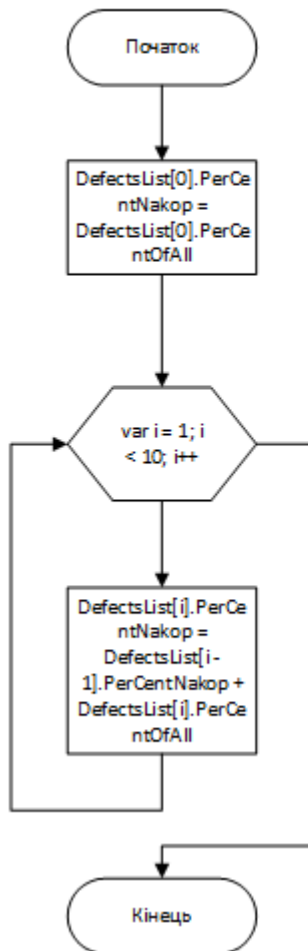
CalculateNakopSumma



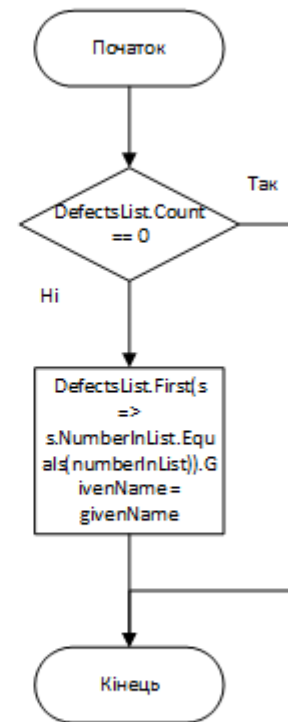
CalculatePerCentOfAll



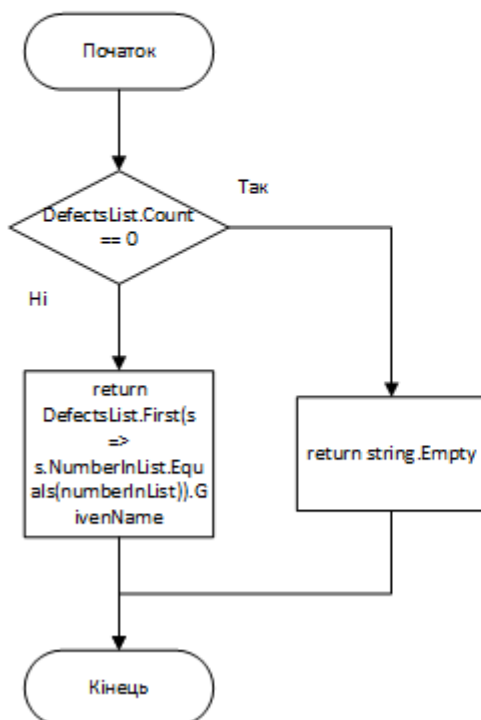
CalculatePerCentNakop



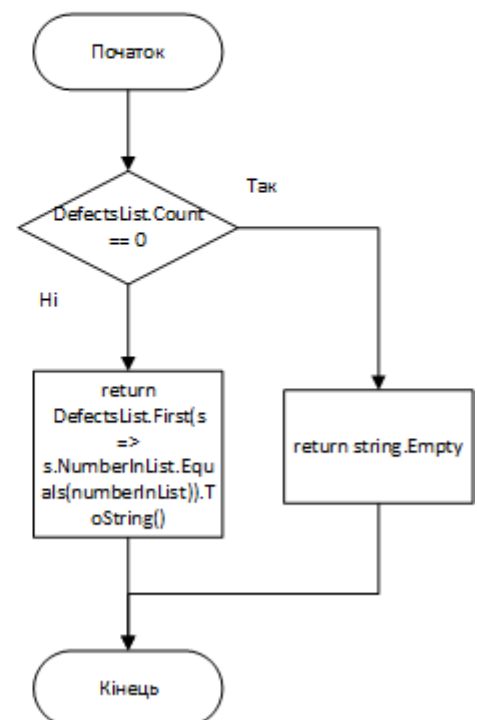
UpdateGivenName



GetGivenName



GetName



## Додаток В

### Текст програми

```
public static class Data
{
    public static List<Defect> DefectsList = new List<Defect>();

    public static double AllDefectsCount
    {
        get { return DefectsList.Sum(s => s.Count); }
    }

    public static void Calculate()
    {
        CalculateNakopSumma();
        CalculatePerCentOfAll();
        CalculatePerCentNakop();
    }

    private static void CalculateNakopSumma()
    {
        DefectsList[0].NakopSumma = DefectsList[0].Count;
        for (var i = 1; i < 10; i++)
        {
            DefectsList[i].NakopSumma = DefectsList[i - 1].NakopSumma + DefectsList[i].Count;
        }
    }

    private static void CalculatePerCentOfAll()
    {
        foreach (var defect in DefectsList)
        {
            var value = Math.Round((defect.Count*100)/AllDefectsCount, 2);
            defect.PerCentOfAll = value;
        }
    }

    private static void CalculatePerCentNakop()
    {
        DefectsList[0].PerCentNakop = DefectsList[0].PerCentOfAll;
        for (var i = 1; i < 10; i++)
        {
            DefectsList[i].PerCentNakop = DefectsList[i - 1].PerCentNakop + DefectsList[i].PerCentOfAll;
        }
    }

    public static void UpdateGivenName(int numberInList, string givenName)
    {
        if (DefectsList.Count == 0) return;
        DefectsList.First(s => s.NumberInList.Equals(numberInList)).GivenName = givenName;
    }

    public static string GetGivenName(int numberInList)
    {
        if (DefectsList.Count == 0) return string.Empty;
        return DefectsList.First(s => s.NumberInList.Equals(numberInList)).GivenName;
    }
}
```

```

    public static string GetName(int numberInList)
    {
        if (DefectsList.Count == 0) return string.Empty;
        return DefectsList.First(s => s.NumberInList.Equals(numberInList)).ToString();
    }
}

```

```

public class Defect
{
    public string Name { get; private set; }
    public int Count { get; set; }
    public double NakopSumma { get; set; }
    public double PerCentOfAll { get; set; }
    public double PerCentNakop { get; set; }
    public string GivenName { get; set; }

    public int NumberInList { get; private set; }

    public Defect(int numberInList)
    {
        this.NumberInList = numberInList;
    }

    public override string ToString()
    {
        return string.Format("Дефект №{0}", NumberInList);
    }
}

```

```

public static class GridDefectsProcessor
{
    public static void UpdateNakopSumma(DataGridView dgv, int defectId, double newSumma)
    {
        dgv.Rows[--defectId].Cells[2].Value = newSumma;
    }

    public static void UpdatePerCentOfAll(DataGridView dgv, int defectId, double newPerCent)
    {
        dgv.Rows[--defectId].Cells[3].Value = newPerCent;
    }

    public static void UpdatePerCentOfNakop(DataGridView dgv, int defectId, double newPerCent)
    {
        dgv.Rows[--defectId].Cells[4].Value = newPerCent;
    }

    public static void UpdateDefectName(DataGridView dgv, int defectId, string newName)
    {
        dgv.Rows[--defectId].Cells[0].Value = newName;
    }

    public static int GetEnteredCount(DataGridView dgv, int defectId)
    {
        try
        {
            string value = dgv.Rows[--defectId].Cells[1].Value.ToString();
            return Convert.ToInt32(value);
        }
    }
}

```

```

        catch (Exception)
        {
            return -1;
        }
    }
}

```

```

public partial class MainWindow : Form

```

```

{
    public MainWindow()
    {
        InitializeComponent();
        Load += OnLoad;
    }

    private void OnLoad(object sender, EventArgs eventArgs)
    {
        dataGridView.Rows.Add(10);
        ResetDgv();
    }

    private void ResetDgv()
    {
        FillDefectNames(dataGridView);
        dataGridView.CurrentCell = dataGridView[1, 0];
    }

    private void FillDefectNames(DataGridView dgv)
    {
        for (var i = 0; i < 10; i++)
        {
            var number = i + 1;
            var defect = new Defect(number);
            Data.DefectsList.Add(defect);
            GridDefectsProcessor.UpdateDefectName(dgv, number, defect.ToString());
        }
    }

    private void розрахуватиToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
    {
        try
        {
            for (int i = 0; i < 10; i++)
            {
                var value = dataGridView[1, i].Value;

                if (value == null)
                {
                    MessageBox.Show("Введені не всі початкові дані", "Увага",
                        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
                    return;
                }

                int number = Convert.ToInt32(value.ToString());
            }
        }
        catch (FormatException exception)
        {

```

```

        MessageBox.Show(string.Format("Деякі введені дані мають не вірний формат. {{0}}",
exception.Message), "Увага",
        MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
        return;
    }

    calcBtn.Enabled = false;
    if (Data.DefectsList.Count.Equals(0))
    {
        FillDefectNames(dataGridView);
    }
    foreach (var defect in Data.DefectsList)
    {
        defect.Count = GridDefectsProcessor.GetEnteredCount(dataGridView, defect.NumberInList);
    }
    Data.Calculate();
    UpdateCells();
    chartBtn.Enabled = true;
}

private void UpdateCells()
{
    foreach (var defect in Data.DefectsList)
    {
        GridDefectsProcessor.UpdateNakopSumma(dataGridView, defect.NumberInList, defect.NakopSumma);
        GridDefectsProcessor.UpdatePerCentOfAll(dataGridView, defect.NumberInList, defect.PerCentOfAll);
        GridDefectsProcessor.UpdatePerCentOfNakop(dataGridView, defect.NumberInList,
defect.PerCentNakop);
    }
}

private void очиститиToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Clear();
    calcBtn.Enabled = true;
    chartBtn.Enabled = false;
    toolTextBoxGivenName.Text = string.Empty;
    ResetDgv();
}

private void Clear()
{
    Data.DefectsList.Clear();
    for (int i = 0; i < 10; i++)
    {
        for (int j = 1; j < 5; j++)
        {
            dataGridView[j, i].Value = string.Empty;
        }
    }
}

private void показатиГрафікToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    var chartWindow = new ChartWindow(Data.DefectsList.Select(s => s.PerCentNakop).ToArray());
    chartWindow.Show();
}

private void політикаКонфіденційностіToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)

```

```

    {
        var privacyPolicy = new PrivacyPolicyWindow();
        privacyPolicy.ShowDialog();
    }

private void dataGridView_SelectionChanged(object sender, EventArgs e)
{
    var index = dataGridView.CurrentRow.RowIndex + 1;
    var name = Data.GetName(index);
    var givenName = Data.GetGivenName(index);
    toolLabelDefectName.Text = name;
    toolTextBoxGivenName.Text = givenName;
}

private void toolTextBoxGivenName_TextChanged(object sender, EventArgs e)
{
    int index = dataGridView.CurrentRow.RowIndex + 1;
    string text = toolTextBoxGivenName.Text;

    Data.UpdateGivenName(index,
        string.IsNullOrEmpty(text) ? string.Empty : text);
    GridDefectsProcessor.UpdateDefectName(dataGridView, index,
        string.IsNullOrEmpty(text) ? Data.GetName(index) : text);
}

private void схемалікавиToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
{
    var list = new List<string>();
    for (var i = 0; i < 10; i++)
    {
        int index = i + 1;
        string text = Data.GetGivenName(index);
        list.Add(string.IsNullOrEmpty(text) ? Data.GetName(index) : text);
    }
    var schemeWindow = new SchemeWindow(list.ToArray());
    schemeWindow.Show();
}
}

public partial class ChartWindow : Form
{
    private double[] _parameters;
    public ChartWindow(double[] parameters)
    {
        InitializeComponent();
        this._parameters = parameters;
        this.Load += OnLoad;
    }

private void OnLoad(object sender, EventArgs eventArgs)
{
    ChartMain.ChartAreas.Add("area");

    ChartMain.ChartAreas["area"].AxisX.Minimum = 1;
    ChartMain.ChartAreas["area"].AxisX.Maximum = 10;
    ChartMain.ChartAreas["area"].AxisX.Interval = 1;
    ChartMain.ChartAreas["area"].AxisX.MajorGrid.LineColor = Color.DarkGray;
    ChartMain.ChartAreas["area"].AxisX.Title = "Дефекти";
}

```

```

ChartMain.ChartAreas["area"].AxisY.Minimum = 0;
ChartMain.ChartAreas["area"].AxisY.Maximum = 100;
ChartMain.ChartAreas["area"].AxisY.Interval = 10;
ChartMain.ChartAreas["area"].AxisY.MajorGrid.LineColor = Color.DarkGray;
ChartMain.ChartAreas["area"].AxisY.Title = "%";

```

```

ChartMain.Series.Add("one");
ChartMain.Series["one"].Color = Color.Chocolate;
//ChartMain.Series["one"].Points.AddXY(5, 83);

```

```

for (var i = 1; i < 11; i++)
{
    var value = i - 1;
    ChartMain.Series["one"].Points.AddXY(i, _parameters[value]);
}

```

```

ChartMain.Series.Add("two");
ChartMain.Series["two"].ChartType = SeriesChartType.Line;
ChartMain.Series["two"].Color = Color.Red;
ChartMain.Series["two"].Points.AddXY(1, 80);
ChartMain.Series["two"].Points.AddXY(10, 80);

```

```

}
}

```

```

public partial class SchemeWindow : Form

```

```

{
    private string[] _names;
    public SchemeWindow(string[] names)
    {
        InitializeComponent();
        _names = names;
        Load += OnLoad;
    }

```

```

    private void OnLoad(object sender, EventArgs eventArgs)
    {
        for (var i = 0; i < 10; i++)
        {
            this.Controls.OfType<Label>()
                .First(s => s.Name.Contains(i.ToString(CultureInfo.InvariantCulture)))
                .Text = _names[i];
        }
    }
}

```



Додаток Г

**СПИСОК**

наукових та навчально-методичних праць

Скібчика Василя Васильовича

| №<br>п/п                        | Найменування праць   | Рукописні<br>або<br>друковані | Назва видавництва, журналу<br>(номер, рік), або номер<br>диплома на винахід   | Кількі<br>сть<br>друков<br>аних<br>аркуші<br>в або<br>сторін<br>ок<br>разом | Співавтори     |
|---------------------------------|--|-------------------------------|---|---|----------------|
| 1                               | 2  | 3                             | 4   | 5   | 6              |
| <b>1. <u>Наукові статті</u></b> |  |                               |   |   |                |
| 1                               | Складання приладів<br>за розробленим<br>програмним<br>забезпеченням на<br>основі закону Парето   | Друк.                         | <b>XIV Всеукраїнська<br/>науково-практична<br/>конференція<br/>студентів, аспірантів<br/>та молодих вчених<br/>«ЕФЕКТИВНІСТЬ<br/>ІНЖЕНЕРНИХ<br/>РІШЕНЬ У<br/>ПРИЛАДОБУДУВАН<br/>НІ»</b><br>4-5 грудня 2018р.,<br>м. Київ, Україна | 3   | Подольан О. О. |
| <b>2. <u>Патенти</u></b>        |  |                               |   |   |                |
| 1                               | Пристрій діагностики<br>токарних верстатів з<br>контролем якості<br>деталі, що<br>виготовляється | Друк.                         | Патент на корисну<br>модель №115701   |   | Подольан О. О. |

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Скібчик В. В.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_

(підпис)

Подольан О. О.

(ініціали, прізвище)

## Додаток Д